TOME XXVIII, N° 4 1960

BULLETIN

DE

L'INSTITUT AGRONOMIQUE

ET DES

STATIONS DE RECHERCHES

DE

GEMBLOUX

INSTITUT AGRONOMIQUE
DE L'ÉTAT
GEMBLOUX (BELGIQUE)

RAM
COMMONWEALTH MYCOLOGICAL INSTITUTE
11 MAY 1961

Sommaire

BERNARD, Jean. — Quelques helminthes parasites du freux, *Corvus frugilegus*, L., en Belgique 345

HEINEMANN, Paul et NOIRFALISE, Albert. — Comparaison microclimatique d'une Chênaie à bouleau et d'une Lande à bruyère 358

NANGNIOT, Paul. — II. Les dérivés de l'Acide dithiocarbamique :

1. Le diméthyldithiocarbamate de zinc (Ziram) 365
2. Le diméthyldithiocarbamate ferrique (Ferbam) 373
3. L'Ethylène-bisdithiocarbamate de zinc (Zineb) 381

NYS, Léon et HANOTIAUX, Gustave. — Application de la théorie des variantes systématiques à la culture de la pomme de terre — Influence du facteur sol . 389

PIERRARD, Gaston et BAURANT, Raymond. — La ponte et l'indice sexuel chez *Rhyacionia buoliana* Schiff. (Microl. Tortricidae) 418

REIZER, Christian. — La gammare du « Ruisseau de Wachet » *Rivulogammarus pulex pulex* L. 427

SEMAL, Jean. — Action de l'extrait de *Begonia tuberhybrida* sur le nombre de lésions locales formées par le virus de la mosaïque du tabac et par quelques autres virus 433

SEVERIN, Michel, CASIMIR, Jean et RENARD, Marcel. — Dosage des acides aminés par chromatoélectrorhéophorèse (Emploi du réactif de Barrolier) . . 445

SOMMEREYNS, Ghislaine. — Remarques et observations concernant la transmission mécanique des virus des végétaux 452

Livres reçus 472

Bibliographie 475

Table des matières du Tome XXVIII, 1960 476

Les articles sont publiés sous la seule responsabilité de leurs auteurs.

Le *Bulletin de l'Institut Agronomique et des Stations de Recherches de Gembloux* paraît normalement quatre fois par an.

Le prix de l'abonnement est de 175 francs par an, somme à verser au compte de chèques postaux n° 7621.08 du Bulletin de l'Institut agronomique de Gembloux (Belgique) ou à payer par mandat postal.

Prix du présent volume : 75 francs. Pour la commande, prière de s'adresser au Secrétariat du *Bulletin*.

a) **Le Bulletin sera envoyé en échange des publications similaires des Établissements d'Enseignement Supérieur, des publications périodiques des Sociétés scientifiques et des Revues Scientifiques en général.**

b) **Tout ouvrage scientifique dont un exemplaire est adressé à la Rédaction, sera signalé sous la rubrique « Livres reçus ».**

Toute reproduction des articles parus dans le Bulletin est strictement interdite san autorisation du Comité de Rédaction.

IMPRIMERIE UNIVERSA WETTEREN (Belgique)

STATION D'ENTOMOLOGIE DE L'ÉTAT, A GEMBLOUX

Quelques helminthes parasites du freux, *Corvus frugilegus* L., en Belgique (*)

par Jean Bernard

Ayant été amené à autopsier un freux, afin de déterminer les causes de sa mort, nous avons pu récolter cinq espèces d'helminthes parasites du tractus digestif. Il s'agit de
deux espèces de Cestodes :

Anomotaenia constricta Molin, 1859.
Hymenolepis serpentulus Schrank, 1788.

et trois espèces de Nématodes :

Capillaria corvorum Rudolphi, 1819.
Porrocaecum ensicaudatum Zeder, 1800.
Acuaria anthuris Rudolphi, 1819.

Comme c'est à notre connaissance la première fois que ces espèces sont signalées en Belgique, nous donnerons quelques détails morphologiques à leur sujet.

I. — CESTODES

Famille : Dilepididae

Anomotaenia constricta Molin, 1859.

L'intestin antérieur de l'oiseau contenait un grand nombre de petits Cestodes appartenant à cette espèce. Tous les individus récoltés ont une taille oscillant entre 25 et 35 mm. La plupart présentent des proglottis mûrs, mais quelques-uns seulement des segments gravides. Le diamètre du scolex varie entre 250 et 370 μ et celui des ventouses entre 120 et 135 μ. Le rostre, long de 250 à 350 μ, porte une couronne de 20 à 24 crochets dis-

(*) Déposé à la rédaction le 27 octobre 1960.

posés sur deux rangs ; leur longueur est d'environ 55 μ. Sur la moitié antérieure de la longueur du ver, les proglottis sont étroits et serrés les uns contre les autres. Vers le milieu du strobile, les segments sont longs de 120 à 300 μ et larges de 400 à 750 μ. Plus loin, ils s'allongent et leur forme devient à peu près carrée, de 500 à 600 μ de largeur ; le nombre des segments de ce type varie de 5 à 20. Jusqu'à ce point, l'anatomie des proglottis est à peu près indiscernable en montage total, étant donné l'épaisseur du tissu musculaire. Ce n'est que dans les derniers segments, au nombre de 4 à 10, que la constitution interne apparaît clairement après coloration. Ces proglottis sont rectangulaires, d'une longueur variant de 990 μ à 1,0 mm et d'une largeur de 500 à 600 μ. Dans ceux-ci, on peut voir une cinquantaine de testicules groupés entre les vaisseaux excréteurs et occupant les trois quarts postérieurs de la longueur du segment ; l'ovaire, constitué de deux lobes bien distincts, est antérieur. La poche du cirre, qui est précédée d'un long *vas deferens* entortillé, est longue de 140 μ environ et large de 45 à 50 μ. Les pores génitaux sont irrégulièrement alternés et s'ouvrent dans la zone latérale antérieure du segment. La plupart des Cestodes que nous avons trouvés ne possédaient pas de segments gravides. Chez quelques-uns, nous avons observé un ou deux proglottis dans lesquels les testicules étaient disposés en deux rangées parallèles, serrés contre les parois latérales du segment ; le milieu de celui-ci apparaissait occupé par une masse hyaline dans laquelle on distinguait des formations arrondies mais ayant très mal pris le colorant. Il s'agit sans doute de l'utérus en voie de développement. Dans ces segments, d'une longueur de 1,2 mm sur 800 à 900 μ de large, le canal déférent, la vésicule séminale et la poche du cirre apparaissent beaucoup plus nettement que dans les précédents. Aucun des Cestodes de cette espèce que nous avons préparés en montage ne présentait de proglottis bourrés d'œufs.

A. constricta paraît une espèce assez banale chez les Corvidae. Markowski (5) l'a trouvée chez 25 % des freux et des choucas qu'il a examinés, mais chez 4 % seulement des corneilles mantelées. Par contre, chez cette dernière espèce, Zekhov (10), en Russie, l'a découverte chez 25 à 26 % des individus autopsiés.

Le nombre de Cestodes observés ici (200) paraît assez élevé, pour un freux adulte particulièrement (*). Zekhov en effet note que le nombre moyen de parasites appartenant à cette espèce est de 2,8 chez les hôtes adultes et de 16,1 chez les jeunes. Les maxima observés sont respectivement de 17 et 96. Markowski a trouvé un maximum de 30 représentants chez un grand corbeau (*Corvus corax* L.), mais seulement 11 vers en moyenne chez les freux.

(*) L'animal autopsié présentait le bec fortement dégarni à la base, caractérisant les adultes.

Les hôtes de ce Cestode sont essentiellement des Corvidae : *Corvus corax* L., *C. frugilegus* L., *C. cornix* L., *Coleus monedula* L.. MARKOWSKI ne l'a pas trouvé chez *Corvus corone* L. et *Pica pica* L..

Ce Cestode se retrouve dans toute l'Europe ; il a été observé en France, en Suisse, en Prusse orientale, au Danemark, en Pologne et en Russie d'Europe.

FAMILLE : HYMENOLEPIDAE

Hymenolepis serpentulus SCHRANK, 1788.

Au milieu de la masse des *A. constricta*, on pouvait observer une quinzaine de Cestodes plus longs et plus effilés. Il s'agit de *H. serpentulus*. Le matériel récolté est composé de Cestodes de 60 à 80 mm de long présentant une largeur maximum de 2 mm. Le scolex a un diamètre de 250 μ et chacune des ventouses est large de 110 μ. Le rostre est armé d'une couronne de crochets de 25 à 27 μ, dont le manche s'amenuise en pointe fine.

Dans les proglottis mûrs, on distingue trois testicules : deux sont antiporaux et un est poral. La vésicule séminale est longue de 200 μ environ et la poche du cirre de 135 μ. Dans les segments gravides, la vésicule séminale est beaucoup plus distendue et atteint 400 μ de long. Les pores génitaux sont unilatéraux.

A. serpentulus paraît aussi banal que *A. constricta* chez les Corvidae. MARKOWSKI l'a découvert chez 15 à 50 % des individus des espèces suivantes : *Corvus frugilegus*, *C. cornix*, *Pica pica* et *Garrulus glandarius* L.. Il ne l'a pas trouvé chez *C. corax*, *C. corone* et *Coleus monedula*.

Chez *C. cornix*, en Russie, d'après ZEKHOV, le pourcentage de jeunes individus atteints est du même ordre que celui des adultes (24 et 27 %). Par contre, le nombre de parasites par hôte est plus élevé chez les premiers que chez les seconds. Chez les oisillons de l'année, on trouve en moyenne 17 vers par hôte (maximum 79) alors que chez les adultes ces chiffres sont respectivement 9 et 41.

L'aire de répartition géographique de ce Cestode couvre au moins toute l'Europe.

II. — NÉMATODES

FAMILLE : CAPILLARIIDAE

Capillaria corvorum RUDOLPHI, 1819 (= *C. resecta* DUJARDIN, 1845).

Le nom de *C. corvorum* a été réhabilité assez récemment par LOPEZ-NEYRA (4) comme synonyme, mais antérieur donc prévalant, de *C. resecta* DUJARDIN, 1845. L'avis de l'helminthologiste espagnol nous paraît opportun car, même si la description de RUDOLPHI était incomplète, elle s'appliquait bien à l'espèce ultérieurement décrite par DUJARDIN. Nous adopterons donc le nom utilisé par l'auteur allemand.

C. corvorum est un Capillariidae de taille moyenne au corps strié transversalement. Dans le matériel récolté à Gembloux, les femelles ont de 13,5 à 15,5 mm de long. Le rostre en occupe 5,7 à 6,8 mm et le corps proprement dit 7,4 à 9,1 mm. Leur largeur est de 13 à 15 μ au niveau du préoesophage, de 60 à 80 μ au niveau de la vulve et de 35 à 50 μ avant le rétrécissement constituant l'extrémité postérieure du corps. La plus grande largeur (95 μ) se situe vers le milieu de la région viscérale, en arrière de la partie du corps dans laquelle les œufs sont visibles. La vulve est située au niveau de la jonction de l'oesophage et de l'intestin ; elle ne porte aucune ornementation particulière. Elle est précédée d'un vagin musculeux de 350 à 420 μ de long. L'utérus a une longueur de 2,4 à 3,2 mm ; les œufs qui ont de 54 à 60 μ sur 24 à 27 μ sont visibles sur une distance fort variable : de 700 μ à 2,5 mm. L'ovaire est filiforme et long de 1 à 1,4 mm. Une partie se trouve dans le prolongement de l'utérus mais il est replié et la deuxième partie, dont la longueur varie de 400 à 900 μ, est dirigée vers l'avant. L'anus est terminal.

Les mâles, plus petits que les femelles, ont 9 à 10 mm de long. La région oesophagienne, large de 16 μ à sa partie antérieure et de 60 à 68 μ à sa base, est longue de 5,27 à 5,5 mm. Le corps est cylindrique et large de 70 à 80 μ ; au niveau de l'anus, il y a un rétrécissement et la largeur est réduite de 30 à 35 μ. L'organe copulateur est constitué d'un spicule, long de 1,2 à 1,35 mm et large de 13 à 15 μ. Cet organe n'est pas extrêmement rigide car chez les exemplaires que nous avons examinés, il présente des torsions et des courbures. La partie du rectum entourant le spicule paraît plissée sur une assez grande longueur. Nous n'avons pas observé de mâles présentant un cirre dévaginé ni de spicule en extrusion, mais Markowski a représenté l'extrémité postérieure d'un mâle de *C. corvorum* prolongée par une gaîne plissée dévaginée. L'anus est subterminal. Le corps est terminé par deux formations en forme de mamelon dont les faces internes forment une sorte d'entonnoir prolongeant l'ouverture du cloaque. Dorsalement, les deux mamelons sont reliés par une membrane.

Ces Nématodes étaient fixés par leur rostre dans la muqueuse de l'intestin grêle de leur hôte ; ils étaient au nombre de quinze, dont onze femelles et quatre mâles. Il semble que ce soit là une infestation normale car Markowski, qui a disséqué de nombreux Corvidae, en a rarement découvert un plus grand nombre par hôte. Zekhov a observé que chez les corneilles adultes on n'en trouve en général qu'un ou deux exemplaires alors que chez les oisillons de cette espèce ce chiffre atteint dix-huit.

Les hôtes appartiennent tous à la famille des Corvidae : *Corvus corax*, *C. frugilegus*, *C. cornix*, *Coleus monedula*, *Garrulus* sp., *Trypanocorax* sp. et *Nucifraga* sp.. En Pologne, Markowski ne l'a pas trouvé chez la pie, *Pica pica* ni chez le geai *Garrulus glandarius*.

La répartition géographique connue comprend : la France, l'Allemagne, la Pologne et la Russie.

FAMILLE : TOXOCARIDAE

Porrocaecum ensicaudatum ZEDER, 1800.

Avec les *Capillaria corvorum*, se trouvaient cinq Nématodes courts et trapus ; il s'agit de larves de *P. ensicaudatum*. La longueur de quatre d'entre elles oscillait entre 7 et 8 mm et la largeur entre 200 et 300 μ. Une seule, plus petite, ne mesurait que 4,7 mm de long et 120 μ de large. Chez les grands exemplaires, les deux parties de l'oesophage étaient longues respectivement de 900 à 950 μ et de 230 à 260 μ. Cette seconde portion présentait le caecum aveugle antérieur caractéristique. Chez l'une des larves, celui-ci s'étendait vers l'avant au-delà du bord antérieur du ventricule, mais chez les autres, il était beaucoup plus petit. Si l'on s'en réfère à l'avis de HARTWICH (3), la première serait une larve de *Porrocaecum picae* RUDOLPHI, 1819. Les trois lèvres entourant la cavité buccale présentaient des papilles et des dessins tels qu'ils ont été parfaitement décrits par OSCHE (6).

P. ensicaudatum est un Ascaroidea moins commun chez les Corvidae que chez d'autres Passériformes. Les hôtes intermédiaires étant des Lombrics, on les rencontre surtout chez les oiseaux consommant beaucoup de ces Annelides. De même, chez les Corvidae, le nombre de parasites par hôte paraît peu élevé, alors que chez les Turdidae par exemple, ces Nématodes sont souvent très nombreux. –

FAMILLE : ACUARIIDAE

Acuaria anthuris RUDOLPHI, 1819 (= *Dispharagus ornatus* GENDRE, 1912 = *Acuaria scutata* MAPLESTONE, 1931).

Sous la muqueuse du gésier, se trouvaient six Acuariidae appartenant à l'espèce *Acuaria anthuris* RUDOLPHI, 1819 que nous mettons en synonymie avec le nom *A. ornata*, GENDRE, 1912.

Cette espèce fut décrite la première fois par RUDOLPHI en 1819 et une deuxième fois par RAILLET et *al.* en 1912. En 1948, SINGH (8), considérant toutes les descriptions antérieures comme insuffisantes, a redécrit l'espèce. Pourtant en 1933 MARKOWSKI avait fourni assez bien de détails sur ce Nématode, malheureusement sans donner beaucoup de mensurations. En 1912, GENDRE (2), soit qu'il ignorât la description de RUDOLPHI, soit qu'il la considérât comme insuffisante, décrivit comme une nouvelle espèce, qu'il nomma *Dispharagus ornatus*, un Acuariidae découvert en Afrique. Tant les mensurations que la description et les dessins fournis respectivement par GENDRE et SINGH ne permettent de laisser aucun doute sur l'identité des deux espèces. La seule divergence réside dans le nombre des papilles

ornant l'extrémité postérieure du corps chez les mâles. Malgré la grande valeur taxonomique de ce caractère, la différence est ici de peu d'importance. GENDRE a compté dix paires de papilles alors que SINGH en indique onze paires. La disposition des dix premiers groupes est exactement la même dans les deux cas : quatre paires préanales, trois paires postanales et trois paires subterminales. La onzième paire vue par SINGH est constituée de deux papilles très petites ornant l'extrême pointe de la queue et qui peuvent être masquées par l'extrémité postérieure des ailes latérales. GENDRE signale d'ailleurs que le dernier groupe présente fréquemment des anomalies et MARKOWSKI donne le chiffre de douze paires, mais considère celui-ci comme variable.

Les Acuariidae que nous avons récoltés à Gembloux correspondent parfaitement aux descriptions de *A. anthuris*. Nous fournissons ci-dessous quelques détails à leur sujet en y ajoutant des données sur l'anatomie des femelles.

Acuaria anthuris RUDOLPHI, 1819.

Hôte : *Corvus frugilegus* L.
Localisation : sous la muqueuse du gésier
Localité : Gembloux
Date : mai 1960.

Acuariidae au corps cylindrique abruptement rétréci vers l'avant, un peu plus progressivement vers l'arrière. La cuticule est ornée de striations transversales distantes de 5 à 10 μ les unes des autres. Les quatre cordons sont très nettement dessinés. Ils prennent naissance autour de la cavité buccale et s'étendent vers l'arrière de façon rectiligne. Ils se terminent un peu plus bas que le niveau de la jonction de l'oesophage et de l'intestin chez les mâles, plus loin en arrière chez les femelles. Outre ces quatre cordons, la cuticule est encore ornée de deux pseudo-cordons au relief moins accentué, se présentant plutôt comme des cassures de la striation transversale. Ils prennent naissance dans la partie antérieure du corps mais sont peu distincts au début ; leur dessin caractéristique devient de plus en plus net, au fur et à mesure que l'on s'écarte vers l'arrière. Ces pseudo-cordons courent le long des champs latéraux jusqu'à proximité de l'extrémité de la queue. Chez les mâles, ils constituent le bord externe des ailes latérales postérieures.

Les papilles cervicales sont situées à environ 400 μ de l'extrémité antérieure, soit au niveau du sixième antérieur de l'oesophage musculaire. L'ouverture du tube excréteur est située latéralement, environ 200 μ plus loin que ces papilles.

La bouche est entourée de deux lèvres triangulaires conférant à la tête un aspect conique. La striation cuticulaire transversale s'arrête au niveau

de la base du triangle, au point où les cordons ont atteint latéralement le niveau qu'ils conserveront sur toute leur longueur. Sur chaque lèvre, on observe un dessin caractéristique en fer de lance séparant deux grosses papilles céphaliques pédonculées. A la bouche fait suite un pharynx cylindrique dont l'ouverture antérieure est en forme d'entonnoir. Ce pharynx débouche dans un oesophage musculeux, auquel fait suite un oesophage glandulaire beaucoup plus long.

F e m e l l e s (voir tableau II).

La seule femelle récoltée entière a 30,42 mm de long et ses cordons s'étendent vers l'arrière jusqu'à 9,52 mm de l'ouverture buccale. La largeur est de 100 μ à la base des lèvres, de 240 μ au niveau du bas du pharynx, de 360 μ à celui du bas de l'oesophage musculeux et de 450 μ au bas de l'oesophage glandulaire. La plus grande largeur est de 550 μ ; elle est de 240 μ au niveau de l'anus. La vulve est située vers le milieu du corps entre 12 et 16 mm de son extrémité postérieure.

La vulve est précédée par un vagin musculeux s'étendant vers l'avant du corps et long de 600 à 900 μ. Les organes génitaux sont constitués de deux ovaires et de deux utérus confluant en un tronc commun qui débouche dans le vagin, mais dirigé vers l'arrière et qui forme une crosse au point de confluence. Les deux utérus s'étendent l'un vers l'avant, l'autre vers l'arrière. Leur dernière partie est constituée d'un tube long de 800 μ sur 100 μ de large où les œufs sont dispersés en chapelet interrompu. Ce canal s'élargit et sur 600 μ de long passe à une largeur de 450 à 500 μ qui est la sienne sur toute la longueur, soit 8 à 12 mm. A leur extrémité, les utérus s'amincissent à nouveau et se replient l'un vers l'arrière, l'autre vers l'avant. Le rétrécissement qui s'étend sur 1 à 1,5 mm les transforme en un canalicule de 35 μ de large et 3 mm de long. A celui-ci fait suite un ovaire cylindrique long de 6 mm et large de 150 μ s'amincissant progressivement à son extrémité pour devenir un filament de 50 μ de large sur 1,8 mm de long. Les deux utérus sont bourrés de petits œufs ovales, longs de 38 à 40 μ et larges de 24 à 26 μ.

La bouche s'ouvre sur un pharynx long de 360 μ chez le seul exemplaire femelle récolté entier et large de 35 μ. A celui-ci fait suite un oesophage musculeux d'une longueur de 1,32 mm et large de 160 μ qui se prolonge par un oesophage glandulaire dont la longueur atteint 4 mm et la largeur 240 μ. Ce dernier se joint à l'intestin à peu près au niveau de l'extrémité de l'utérus antérieur. L'intestin est un tube cylindrique de 120 μ de diamètre s'étendant de façon à peu près rectiligne jusqu'au rectum. L'anus débouche à une distance de 380 à 460 μ de l'extrémité postérieure du corps. Celle-ci est arrondie, porte de petites expansions alaires latérales et deux petites papilles terminales qui sont les homologues de la onzième paire de papilles chez le mâle.

TABLEAU I

Dimensions comparées de *Acuaria anthuris* RUDOLPHI, 1819 de diverses origines avec celles de *A. ornatus* GENDRE, 1912 et *A. nebraskensis* WILLIAMS, 1929

MÂLES

	A. nebraskensis	*A. ornatus*	*A. anthuris* d'après MARKOWSKI	*A. anthuris* d'après SINGH	*A. anthuris* d'après BERNARD
Longueur totale	6,71 à 10,44mm	9,68 à 11,37mm	10,00mm	8,5 à 11,25mm	12,6 à 13,6 mm
Largeur au niveau :					
— de l'extrémité antérieure	59 à 64 μ				85 à 90 μ
— du bas du pharynx		250 à 360 μ			160 à 180 μ
— du bas de l'oesophage musculeux					200 à 270 μ
— du bas de l'oesophage glandulaire					235 à 300 μ
Plus grande largeur	256 à 312 μ			256 à 308 μ	360 μ
Largeur au niveau de l'anus					190 à 210 μ
Longueur des cordons	2,5 à 3,67mm			3,58 à 4,20 mm	5,52 à 7,3 mm
Longueur du pharynx	173 à 206 μ	220 à 260 μ		210 à 214 μ	240 μ
Longueur de l'oesophage musculeux	594 à 837 μ	790 à 880 μ		580 à 642 μ	920 à 960 μ
Longueur de l'oesophage glandulaire	1,64 à 2,34 mm	2,08 à 2,68 mm		1,78 à 2,10 mm	2,82 à 3,12 mm
Distance de l'anus à l'extrémité postérieure	450 à 625 μ	$\pm$ 500 μ		400 à 420 μ	420 à 540 μ
Spicules :					
longueur du grand	271 à 325 μ	280 μ	251 μ	251 à 262 μ	270 à 276 μ
longueur du petit	231 à 282 μ	250 μ	224 μ	209 à 219 μ	240 μ
Ailes :					
longueur	790 μ à 1 mm			900 à 970 μ	720 à 960 μ
largeur					60 à 100 μ
Distance des papilles cervicales à l'extrémité antérieure	258 à 388 μ				300 à 360 μ

TABLEAU II

Dimensions comparées de *Acuaria anthuris* RUDOLPHI, 1819 de diverses origines avec celles de *A. ornatus* GENDRE, 1912 et *A. nebraskensis* WILLIAMS, 1929.

FEMELLES

	A. nebraskensis	*A. anthuris* d'après MARKOWSKI	*A. anthuris* d'après SINGH	*A. anthuris* d'après BERNARD
Longueur totale	17,6 à 20,31 mm	23,0 mm	18,9 à 27,5 mm	30,42 mm
Largeur au niveau :				
— de l'extrémité antérieure	78 à 87 μ			100 μ
— du bas du pharynx				240 μ
— du bas de l'oesophage musculeux				360 μ
— du bas de l'oesophage glandulaire				450 μ
Plus grande largeur	412 à 556 μ		414 à 450 μ	550 μ
Largeur au niveau de l'anus				240 μ
Longueur des cordons	4,5 à 7,48 mm		7,20 mm	9,52 mm
Longueur du pharynx	200 à 219 μ		210 à 233 μ	360 μ
Longueur de l'oesophage musculeux	840 μ à 1,01 mm		1,1 à 1,6 mm	1,32 mm
Longueur de l'oesophage glandulaire	2,34 à 2,75 mm		3,4 à 4,6 mm	4,0 mm
Distance de la vulve à l'extrémité antérieure			8,42 à 13,5 mm	14,28 mm
Distance de la vulve à l'extrémité postérieure				12,5 à 16,14 mm
Distance de l'anus à l'extrémité postérieure	319 à 381 μ		256 μ	360 à 480 μ
Longueur de l'utérus				850 à 1,3 mm
Œufs :				
longueur	40,6 à 45 μ	41 μ	38 à 42 μ	38 à 40 μ
largeur	24,4 à 28,7 μ	26 μ	22 à 24 μ	24 à 26 μ
Longueur du vagin			500 à 750 μ	600 à 960 μ
Distance des papilles cervicales à l'extrémité antérieure	312 à 383 μ			600 μ

Mâles (voir tableau I).

Les mâles sont plus petits que les femelles ; leur longueur est de 12 à 14 mm. Leur largeur de 85 à 90 μ au niveau de la bouche, devient 160 à 180 μ à l'extrémité du pharynx et 250 à 300 μ à celle de l'oesophage. La plus grande largeur est de 350 à 400 μ ; au niveau de l'anus, elle est d'environ 200 μ. La longueur des cordons varie de 5,52 à 7,3 mm. L'extrémité postérieure du corps est élargie en deux ailes latérales, sur une longueur de 720 à 960 μ ; leur plus grande largeur varie de 60 à 100 μ. A leur face interne ces ailes portent dix paires de grosses papilles arrangées en trois groupes : quatre paires préanales, trois paires postanales et trois paires subterminales. L'extrémité de la queue porte une onzième paire de petites papilles, homologues de celles ornant l'extrémité du corps des femelles. Le pharynx a 240 μ de long et est large de 25 μ. Les deux parties de l'oesophage ont respectivement 920 à 960 μ et 2,88 à 3,12 mm de long sur 85 et 180 μ de large. L'anus s'ouvre à une distance de 120 à 540 μ de l'extrémité postérieure du corps. Les organes copulateurs sont constitués de deux spicules inégaux dont le plus grand mesure 270 à 280 μ de long et le plus petit 240 μ. Ces éléments sont robustes et portent des expansions latérales minces.

Acuaria anthuris est une espèce parasite des Corvidae, qui se trouve sous la muqueuse du gésier de ses hôtes. Chez le freux que nous avons autopsié, nous en avons découvert six représentants. Markowski en a trouvé de un à treize exemplaires par hôte, mais le plus souvent de trois à quatre et Zekhov, en Russie, de huit à treize au maximum, mais en général trois à quatre seulement.

La liste des hôtes comprend de nombreux Corvidae : *Corvus corax*, *C. corone*, *C. frugilegus* et *C. cornix* en Europe et au Turkestan. En Pologne, Markowski ne l'a pas trouvé chez *Coleus monedula*, *Pica pica* et *Garrulus glandarius*. Aux Indes, on le trouve chez *Corvus splendens* Vieillot, *C. macrorhyncos*, *Urocissa erythrorhyncа* Blyth, *Pyrrhocorax pyrrhocorax* L. et *Dendrocita rufa*. En Afrique, Gendre l'a trouvé chez *Corvus scapulatus* Daud..

L'espèce paraît assez fréquente en général. Markowski l'a trouvée chez 50 % et Skryabin (7) chez 90 % des hôtes autopsiés, mais Zekhov seulement chez 13 à 38 % des corneilles examinées.

L'aire de répartition géographique de ce Nématode est très vaste. Elle semble couvrir tout le vieux monde puisque Gendre l'a découvert au Dahomey, Singh aux Indes, Skryabin au Turkestan, Markowski en Pologne, Zekhov en Russie et Osche en Allemagne.

D'après Cram (1), *A. anthuris* existerait aussi en Amérique du Nord. Toutefois, Williams (9) met en doute cette affirmation. Il a trouvé chez *Corvus brachyrrhynchos* Brehm, aux États-Unis, une espèce voisine d'Acuariidae qu'il a décrite sous le nom d'*Acuaria nebraskensis* Williams, 1929.

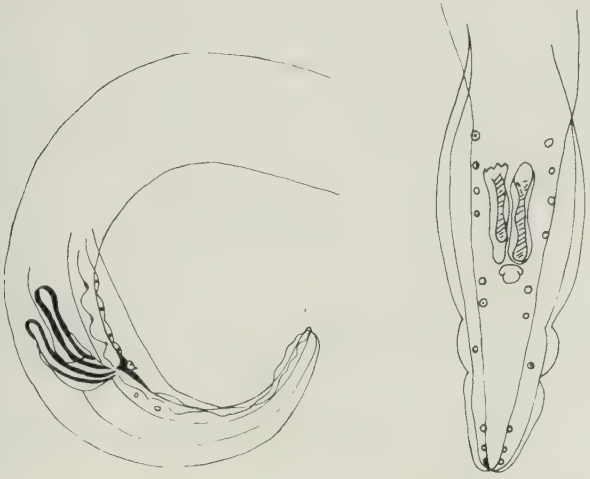


FIG. 1. — *Acuaria anthuris* RUD.
Mâle, extrémité postérieure du corps. Vue latérale et ventrale.

FIG. 2. — *Acuaria anthuris* RUD.
Femelle, extrémité de l'utérus et ovaire.

Celle-ci, que l'on trouve également sous la muqueuse du gésier de son hôte, paraît fort proche de *A. anthuris*. Williams a observé huit paires de papilles postanales chez le mâle et quatre papilles terminales chez la femelle, mais au point de vue biométrique les données concordent bien. De plus, d'après Williams (*), *A. nebraskensis* ressemble étroitement, à quelques mensurations près, à *A. depressa* Schneider, 1866. Or cette dernière espèce a été trouvée chez *Corvus cornix* en Égypte. Donc l'existence de huit paires de papilles postanales chez les mâles d'*Acuaria* vivant sous la muqueuse du gésier des Corvidae n'est pas le propre d'une espèce américaine seulement.

Il faut noter encore à ce sujet que Markowski indique douze paires de papilles (vraisemblablement quatre paires préanales et huit postanales) chez les *A. anthuris* qu'il a trouvés en Pologne. Il n'est pas exclu que la présence d'une douzième paire de papilles ne constitue qu'un cas de variation au sein de l'espèce *A. anthuris* et que *A. nebraskensis* ne devienne ainsi aussi synonyme de *A. anthuris*.

Résumé et discussion

L'autopsie d'un seul freux a permis de découvrir cinq espèces d'helminthes parasites dans le tractus digestif. L'espèce la plus abondamment représentée était un Cestode, *Anomotaenia constricta* Molin, dont deux cents représentants environ, en une masse emmêlée, obturaient l'intestin de l'hôte. Tous les individus examinés étaient immatures, car aucun ne présentait de proglottis bourrés d'œufs. Au sein du lot de *A. constricta* se trouvaient une quinzaine de Cestodes plus longs, appartenant à l'espèce *Hymenolepis serpentulus* Schrank. Ceux-ci présentaient tous des segments gravides.

A côté de ces Cestodes, l'oiseau était en outre parasité par trois espèces de Nématodes. Parmi celles-ci, un Spiruridae, *Porrocaecum ensicaudatum* Zeder, n'était représenté que par quelques larves. Elles se trouvaient dans l'intestin grêle, au milieu d'un groupe plus important de *Capillaria corvorum* Rudolphi. Nous avons utilisé ce nom réhabilité par Lopez-Neyra au lieu de *C. resecta* Dujardin, postérieur. Ces Capillariidae, onze femelles et quatre mâles, étaient fixés par leur rostre dans la muqueuse intestinale.

Enfin, sous la muqueuse du gésier, se trouvaient six Acuariidae appartenant à l'espèce *Acuaria anthuris* Rudolphi. Nous mettons en synonymie avec ce nom, celui de *A. ornatus*, que Gendre avait appliqué à un Acuariidae découvert chez un corbeau africain. Cette espèce est répandue chez tous les Corvidae de l'ancien monde.

(*) Cet avis est basé sur l'examen des spécimens du Musée de Berlin et non pas sur la description qui est insuffisante.

BIBLIOGRAPHIE

(1) Cram, E. B. (1927). *U.S. Nat. Mus., Bull.* **140**, 465 pp..
(2) Gendre, E. (1912). *Actes de la Soc. Linnéenne de Bordeaux*, **66**, pp. 23-31.
(3) Hartwich, G. (1959). *Mitt. a. d. Zool. Mus. Berlin*, **35**, 1, pp. 107-147.
(4) Lopez-Neyra, C. R. (1947). *Rev. Iberica de Parasit.*, VII, 2, pp. 191-238.
(5) Markowski, St. (1933). *Mém. Acad. Polonaise des Sc. et des Lettres*, Série B, Sciences naturelles, n° 5, pp. 1-65.
(6) Osche, G. (1955). *Z. f. Parasitenkunde*, **17**, pp. 144-164.
(7) Skryabin, K. I. (1926). *Ann. Mus. Zool.*, Leningrad, **27**, pp. 88-103.
(8) Singh, S. N. (1948). *Journ. of Helminth.*, XXII, 3/4, pp. 199-218.
(9) Williams, O. L. (1929). *Univ. California Publ. Zool.*, **33**, pp. 69-107.
(10) Zekhov, M. I. (1953). *Zool. Zh.*, **32**, pp. 53-59.

Comparaison microclimatique d'une Chênaie à bouleau et d'une Lande à bruyère (*)

par Paul Heinemann (**) et Albert Noirfalise

1. — Introduction

Les données dont il est fait état dans cette note sont basées sur une année de relevés microclimatiques, effectués en 1945-1946, à Ottignies, au lieu-dit « Bruyère ». On avait mis en observation parallèle deux groupements végétaux contigus, une lande à bruyère et une chênaie à bouleau, situés dans les mêmes conditions topographiques, au sommet d'une colline de sables bruxelliens.

La chênaie à bouleau, d'une hauteur totale de 15 m, était constituée comme suit :

Strate arborescente : 15 m, recouvrement total : 75 %

4.1 *Betula verrucosa*	1.1 *Quercus pedunculata*
1.1 *Betula pubescens*	+ *Populus tremula*

Strate arbustive : 3-4 m, recouvrement total : 25 %

2.1 *Betula verrucosa* et *pubescens*	1.1 *Rhamnus frangula*
2.3 *Populus tremula*	+ *Alnus glutinosa*
1.1 *Quercus pedunculata*	+ *Fagus silvatica*
1.1 *Sorbus aucuparia*	+ *Pinus silvestris*
1.1 *Quercus rubra*	

Strate herbacée supérieure : 1m 20, recouvrement total : 90 %

5.5 *Pteris aquilina*

Strate herbacée ou suffrutescente inférieure : recouvrement total : 50 %

3.4 *Vaccinium myrtillus*	1.2 *Teucrium scorodonia*
3.2 *Molinia coerulea*	1.2 *Holcus mollis*
2.3 *Rubus sp.*	+2 *Blechum spicant*
2.2 *Deschampsia flexuosa*	+ *Calluna vulgaris*

(*) Déposé à la rédaction le 29 décembre 1960.

(**) Associé du Fonds National de la Recherche scientifique.

Strate muscinale : recouvrement : 5 %

1.2 *Hypnum cupressiforme* + 2 *Dicranum scoparium*
+2 *Dicranella heteromalla* + *Entodon schreberi*

La lande à bruyère, d'une hauteur de 50 cm, comprenait les espèces suivantes :

5.5 *Calluna vulgaris* 2.3 *Dicranum scoparium*
2.2 *Molinia coerulea* 2.3 *Entodon schreberi*
1.1 *Genista pilosa* 1.2 *Hypnum cupressiforme*
2.2 *Deschampsia flexuosa* 2.2 *Campylopus flexuosus*
1.2 *Pteris aquilina* +2 *Eurynchium sp.*
+ *Lophocolea bidentata*

Les deux végétations étaient contiguës et occupaient une pente légèrement inclinée vers le nord.

TABLEAU I

Température moyenne de l'air à 13 h G.M.T.

Périodes	Lande à bruyère			Chênaie à bouleau				
	5 cm	40 cm	150 cm	5 cm	40 cm	150 cm	4 m	9 m
Dénudation : mi-nov. à mi-mars (16 relevés hebdomadaires)	4°50	4°75	4°75	4°65	4°75	4°70	4°70	4°80
Feuillaison : mi-mars à mi-mai (10 relevés hebdomadaires)	18°50	18°10	17°10	15°80	15°40	15°10	15°40	15°55
Pleine feuillaison, mi-mai à mi-sept. (14 relevés hebdomadaires)	23°20	22°50	21°75	20°30	20°20	20°30	20°20	20°25
Défeuillaison : mi-septembre à début novembre (6 relevés hebdomadaires)	14°00	14°70	14°70	12°95	13°00	13°10	—	13°40

2. — Résultat des observations

La stratification thermique de l'air a fait l'objet de mesures hebdomadaires à 13 h G.M.T., aux niveaux suivants :

a) dans la bruyère : mesure, en quatre points fixes, de la température de l'air à 5 cm, 40 cm, et 150 cm au-dessus du sol. Le niveau de 40 cm se situe dans la partie supérieure de la strate éricoïde.

b) dans la chênaie : mesure, en quatre points fixes, de la température de l'air à 5 cm, 40 cm, 150 cm ; en outre, mais en un seul point, à 4 m et 9 m au-dessus du sol. Le niveau de 40 cm se situe sous la strate des frondes de fougère-aigle ; celui de 150 cm, au-dessus de cette strate. Le niveau de 9 m est sous la couronne des arbres.

Toutes les mesures ont été effectuées au psychromètre à ventilation. Elles ont été groupées par périodes saisonnières, définies en fonction de l'état de feuillaison des arbres (Tableau I).

En même temps que la température de l'air, on a pu mesurer, grâce au psychromètre, les tensions de vapeur et calculer les déficits de saturation correspondants (Tableau II).

TABLEAU II

Déficit moyen de saturation dans la lande et la chênaie (mm Hg)

Périodes	Lande à bruyère			Chênaie à bouleau				
	5 cm	40 cm	150 cm	5 cm	40 cm	150 cm	4 m	9 m
Dénudation : (16 rel. hebd.)	0,57	1,05	1,08	0,87	1,10	1,13	1,22	1,24
Feuillaison : (9 rel. hebd.)	7,22	8,11	7,42	6,18	6,17	6,11	6,47	6,50
Pleine feuillaison : (15 rel. hebd.)	9,17	9,21	9,10	6,52	7,28	7,43	7,03	7,02
Défeuillaison : (7 rel. hebd.)	2,60	4,40	4,50	2,70	3,03	3,16	—	4,00

On a également procédé, dans les mêmes stations, au relevé des maximas et des minimas hebdomadaires, les premiers au sol, les seconds au sol et à 40 cm de hauteur. Les moyennes saisonnières de ces lectures sont consignées dans le tableau III.

TABLEAU III

Maximas et minimas hebdomadaires moyens

Périodes	Maximas au sol		Minimas au sol		Minimas à 40 cm	
	Lande	Chênaie	Lande	Chênaie	Lande	Chênaie
Dénudation	7°20	7°65	—3°65	—2°35	—6°70	—5°65
Feuillaison	23°05	20°55	—0°8	+1°45	—4°50	—1°15
Pleine feuillaison	26°00	24°80	+6°28	+8°55	+2°60	+7°65
Dénudation	14°25	16°15	+0°5	+3°10	—1°90	+1°40

Enfin, la température du sol a été mesurée dans les deux formations végétales, chaque semaine à 13 h G.M.T., aux mêmes jours et au mêmes points que la température de l'air. Les relevés ont été effectués aux niveaux suivants : sous la litière (niveau 0), à 5 cm, 10 cm, 20 cm, 30 cm et 50 cm de profondeur. On s'est servi de thermomètres à mercure descendus dans le sol à profondeur voulue, dans des trous réalisés à l'aide d'une tige métallique. Les valeurs moyennes saisonnières sont reprises au tableau IV :

TABLEAU IV

Températures moyennes du sol à 13 h. G.M.T.

Niveaux	0 cm	—5 cm	—10 cm	—20 cm	—30 cm	—50 cm	
Périodes							
Dénudation : (11 relevés hebdomadaires)	2°70	2°82	2°97	3°07	3°27	3°73	Lande
	3°05	2°91	3°06	3°50	3°80	4°13	Chênaie
Feuillaison : (10 relevés hebdomadaires)	8°50	8°73	8°16	7°44	7°32	7°32	Lande
	11°03	9°45	8°96	8°43	8°16	7°92	Chênaie
Pleine feuillaison : (15 relevés hebdomadaires)	16°81	14°85	14°25	13°73	13°37	(11°73) (*)	Lande
	17°24	15°45	14°32	13°60	13°28	(11°61) (*)	Chênaie
Défeuillaison : (7 relevés hebdomadaires)	10°12	9°46	9°75	9°57	10°00	10°01	Lande
	10°41	10°14	10°08	10°22	10°57	10°60	Chênaie

(*) Valeurs basées sur 13 relevés hebdomadaires au lieu de 15.

Telles qu'elles ont été organisées et dépouillées, ces mesures n'avaient pas pour objet de caractériser le régime thermique des deux végétations mais plutôt de connaître l'écart microclimatique qui peut exister entre elles, aux diverses saisons de l'année.

3. — Commentaire des résultats

1. Les températures méridiennes reprises au Tableau I sont systématiquement plus élevées au niveau de la bruyère que dans le sous-bois forestier. L'écart moyen atteint environ 3° pendant le printemps, 2° pendant l'été et 1°5 pendant l'automne ; il s'annule pratiquement durant l'hiver. Ces données sont corroborées par celles du Tableau III, relatives aux maximas diurnes hebdomadaires. On explique cette différence entre les deux milieux en invoquant que le couvert forestier intercepte une bonne part de la radiation solaire, tandis que la lande à bruyère la reçoit entièrement. Toutefois, si cette cause était seule à agir, l'écart thermique des deux milieux serait au maximum durant l'été et non au printemps. Il faut donc supposer que d'autres facteurs interviennent. Ils résident vraisemblablement dans le fait que l'albedo de la forêt est nettement plus élevé, au printemps surtout (jeunes feuillages clairs), que celui de la lande qui, à cette époque de l'année, n'a pas encore commencé à reverdir. Il faut admettre au surplus que l'excès de chaleur accumulé au niveau de la bruyère n'est pas résorbé par une transpiration aussi intense que celle du couvert forestier. On peut d'ailleurs remarquer que la transpiration de la bruyère s'accroît à partir de mai puisque, dans celle-ci, l'écart thermique entre le niveau 40 cm et le niveau 5 cm augmente du printemps à l'été, le premier niveau devenant de moins en moins chaud que le second.

2. Les minimas hebdomadaires du Tableau III montrent également que le refroidissement nocturne au niveau de la bruyère est plus prononcé que dans le sous-bois, ce qui s'explique évidemment par la fonction écran du couvert forestier à l'égard du rayonnement nocturne. C'est ainsi que l'écart entre les deux milieux atteint 1° en hiver, plus de 3° au printemps, près de 5° en été et 0°5 en automne. L'action thermoprotectrice de la strate ericoïde contre le refroidissement nocturne peut se chiffrer en comparant les minimas à 40 et à 5 cm ; l'écart entre les deux niveaux est de 2°5 au printemps et en été et même de 3° en hiver (nuits plus longues).

3. Durant le jour comme durant la nuit, il existe une stratification thermique assez prononcée dans la bruyère. Entre 40 et 5 cm, la différence moyenne est de 0°25 en hiver, de 0°4 au printemps, de 0°7 en été et en automne. L'écart nocturne estimé par les minimas (qui ne sont que des « pointes » de températures) atteint, entre les mêmes niveaux, 3° en hiver,

3°7 au printemps et en été et 2°4 en automne. Au total, l'amplitude thermique journalière à 40 cm, soit au niveau de la bruyère, dépasse l'amplitude correspondante sous cette strate (à 5 cm du sol) respectivement de 3°3, 4°1, 4°4 et 3°1 selon les saisons. Dans le sous-bois, par contre, la tendance à l'isothermie est très nette ; mais la nuit, il pourrait exister un gradient de températures décroissantes vers le haut, car les minimas donnent un écart entre le sol et 40 cm de 2°5 à 3°, sauf en été (1° seulement).

4. Les déficits de saturation fournissent des données révélatrices. Dans la bruyère, au niveau de la strate éricoïde (40 cm) et au-dessus (1m 50), les déficits sont nettement plus accusés qu'à 5 cm, bien que les températures de l'air y soient plus basses. C'est donc que l'air y est constamment plus sec et ceci peut résulter d'une transpiration faible de la callune, dont le type biologique est d'ailleurs xéromorphe.

5. Les températures méridiennes du sol (Tableau IV) sont systématiquement plus basses sous la lande que sous la forêt, les écarts étant cependant faibles. En d'autres termes, le sol de la lande se réchauffe moins vite dans l'avant-midi, en dépit d'un bilan thermique nettement plus favorable au niveau du couvert. C'est donc que la chaleur diffuse beaucoup moins bien dans le sol de bruyère que dans le sol de la forêt, ce dernier étant meilleur conducteur que l'autre. La raison en paraît simple : le sol de bruyère est recouvert d'un matelas de litière morte et d'humus brut, qui se comporte comme un isolant thermique.

6. On sait que la température joue un rôle important dans la précocité du départ printanier de la végétation. Il était intéressant de mettre en évidence l'incidence du régime thermique sur le comportement d'espèces communes à la lande et à la forêt, en l'occurence *Molinia coerulea* et *Pteris aquilina*.

La sortie des frondes de *Pteris aquilina* s'est produite avec une avance de deux semaines dans la chênaie par rapport à la bruyère. Ce décalage s'est maintenu jusqu'au milieu du mois de juin, époque à laquelle les individus ont atteint le même stade de développement foliaire ; la taille des plantes à ce moment était cependant différente, ce qu'il faut peut-être attribuer, cette fois, à la fertilité plus grande du sol forestier et, en partie aussi, à l'ombrage protecteur du couvert.

Les bourgeons de la molinie ont commencé à croître plus tôt dans le bois que dans la lande, mais l'écart ne fut que de quelques jours ; très rapidement, les feuilles de cette espèce ont dépassé en taille, dans la bruyère, celles des individus du sous-bois, ce qui est conforme au caractère héliophile bien connu de cette graminée.

Pour comprendre ces deux comportements, il convient de souligner que les bourgeons de *Molinia* hivernent au niveau du sol tandis que les rhi-

zomes de la fougère-aigle persistent à l'intérieur du sol. Or, dans la bruyère, le bilan thermique au niveau du sol est plus favorable que dans le bois, alors que l'inverse prévaut à l'intérieur du sol.

7. Pour terminer, on insistera sur les deux faits suivants : le pédoclimat de la lande à bruyère paraît en moyenne plus froid que celui de la chênaie sur sol homologue et il est également soumis à des écarts thermiques plus prononcés ; en outre, la bruyère transpire moins que la forêt et intercepte également une moins grande proportion des pluies, comme nous l'avons montré dans une note antérieure (1). Ces deux circonstances agissent dans un sens favorable au lessivage et à la podsolisation, dont le déclenchement, sous nos climats, paraît lié aux effets pédologiques de la lande à callune.

(1) A. Noirfalise (1959). Sur l'interception de la pluie par le couvert dans quelques forêts belges. *Bull. Soc. Roy. For. Belg.*, 66e année, n° 10.

LA POLAROGRAPHIE APPLIQUÉE AU DOSAGE DE PETITES QUANTITÉS DE FONGICIDES OU D'INSECTICIDES EN DÉPÔTS OU EN RÉSIDUS SUR PLANTES CULTIVÉES

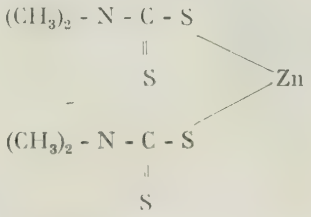
II. Les dérivés de l'Acide dithiocarbamique (*)

1. Le diméthyldithiocarbamate de zinc (Ziram)

par Paul NANGNIOT

GÉNÉRALITÉS

Le Ziram, considéré comme le plus stable des dithiocarbamates métalliques utilisés comme fongicide, se présente sous la forme d'un solide blanc, répondant à la formule



Son poids moléculaire vaut 304,84 et théoriquement sa teneur en zinc est de 21,38 %.

Le Ziram est très peu soluble dans l'eau (65 p.p.m.) ; il est soluble dans le chloroforme, les alcalis dilués, le sulfure de carbone et l'acétone ; il est essentiellement insoluble dans l'alcool et dans l'éther. La méthode qui semble la plus couramment utilisée pour le dosage des résidus de ce pesticide est une méthode colorimétrique assez compliquée, peu sûre et dont la limite de sensibilité n'est pas inférieure à 1μg par cc (2,3). Les méthodes polarographiques que nous allons exposer suppriment ces inconvénients.

(*) Cf. *Bull. Inst. agron. et Stat. Rech. Gembloux*, Tome XXVIII, n° 3, pp. 276-286, (1960).

1. Étude théorique et mise au point d'une méthode de dosage

1. Conditions opératoires

Elles sont les suivantes :

— polarogrammes classiques enregistrés au moyen d'un polarographe POLARECORD, type E 261 (METROHM).
— Température : 25° C
— Désoxygénation : barbotage d'azote pendant 5 minutes
— Electrode de référence : Ag/AgCl/KCl saturé (S.Ag.E.)

$m^{2/3}\ t^{1/6} = 1{,}62\ mg^{2/3}\ sec^{-1/2}$

2. Comportement polarographique général du Ziram

Le Ziram présente une vague anodique d'oxydation-adsorption située à -0,41 volt dans le tampon AmOH-AmCl 0, 5M et de morphologie identique à celle du diméthyldithiocarbamate de soude ; il se manifeste, en outre, par une vague de réduction due aux ions Zn^{2+}, située à -1,26 volt dans le milieu AmOH-AmCl 0,5N et à -1,42 volt dans le milieu NaOH 0,2 N.

Dans le tampon AmOH-AmCl, la vague anodique due au dithiocarbamate croît proportionnellement à la concentration jusqu'à la concentration de 3.10^{-4} M environ (voir figure 1). Au delà de cette concentration, appa-

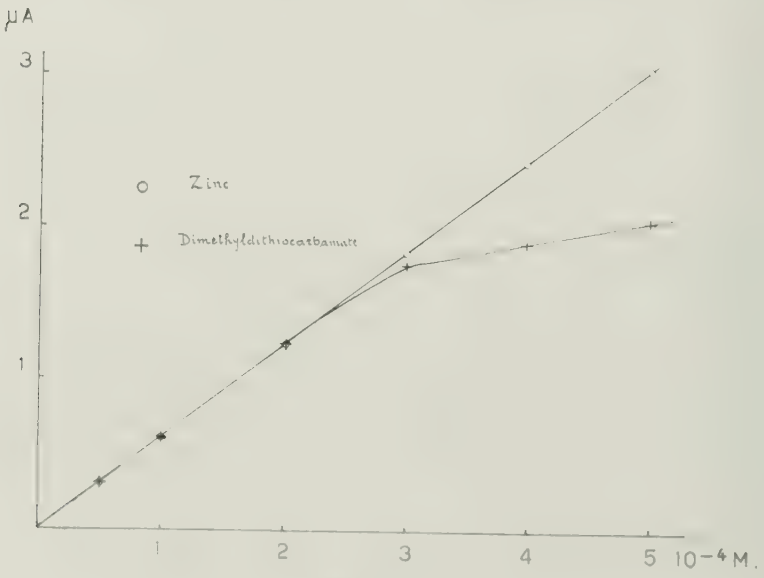


Fig. 1

rait brusquement un défaut de proportionnalité. Ce phénomène signalé par BREZINA et ZUMAN (1) serait dû à l'inactivation de la surface de l'électrode par suite de la formation d'un film insoluble de sel de mercure. Ce phénomène ne se produit cependant pas avec le diéthyldithiocarbamate de soude, du moins jusqu'à la concentration de 1.10^{-3} M.

De plus, le zinc ne forme pas de complexe stable avec le diméthyldithiocarbamate. En effet, par addition progressive d'un sel de zinc à une solution alcaline de diéthyldithiocarbamate de soude, il est facile de s'apercevoir que les vagues du dithiocarbamate et du métal s'additionnent de manière pure et simple. Le zinc présent dans le Ziram se comporte donc exactement comme un ion libre.

Lorsque la concentration du dépolariseur descend en dessous de 1.10^{-5} M, la lecture de l'onde fournie par le radical dithiocarbamate de la molécule devient, dans le tampon AmOH-AmCl, assez laborieuse ; la vague du zinc, par contre, conserve une parfaite lisibilité.

Cette situation est inversée dans le milieu NaOH 0,1 M, où l'onde d'adsorption i_a due au dithiocarbamate reste facilement mesurable jusque $0{,}3.10^{-5}$ M. Le choix de la soude caustique comme solvant et comme électrolyte-support est donc particulièrement avantageux dans le cas du dosage du Ziram à l'état de résidu.

3. COURBES ANALYTIQUES DU ZIRAM DANS NaOH 0,1 M

a) *Vague anodique due au dithiocarbamate*

TABLEAU I

Concentration	i_d+i_a (μA)	i_d/C
$0{,}208.10^{-2}$ M	1,31	6,30
0,182 »	1,20	6,58
0,163 »	1,04	6,38
0,144 »	0,905	6,59
0,124 »	0,81	6,53
0,103 »	0,675	6,56
0,0815 »	0,53	6,51
0,0594 »	0,37	6,27
0,0423 »	0,25	5,92
0,0305 »	0,18	5,92
0,018 »	0,106	5,73
0,0124 »	0,071	5,73
0,0062 »	0,036	5,81
0,0031 »	0,018	5,81

b) *Vague de réduction du cation* Zn^{2+}

TABLEAU 2

Concentration	i_d (μA)	i_d/C
$0{,}208.10^{-3}$ M	1,00	4,82
0,182 »	0,86	4,73
0,163 »	0,78	4,77
0,144 »	0,69	4,77
0,124 »	0,62	4,98
0,103 »	0,50	4,85
0,0815 »	0,40	4,92
0,0594 »	0,292	4,92
0,0423 »	0,214	5,07
0,0305 »	0,148	4,86
0,0185 »	0,096	5,17
0,0124 »	0,070	5,63
0,0062 »	—	—
0,0031 »	—	—

Comme le montre la figure 2, les hauteurs des ondes polarographiques sont proportionnelles à la concentration. La limite de sensibilité, exprimée en Ziram, correspond à $1{,}5.10^{-6}$ M, soit 11 μg dans 25 cc.

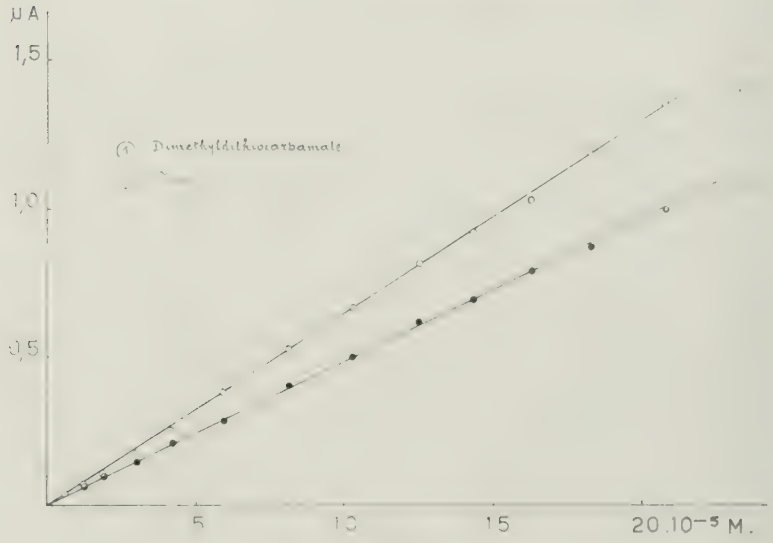


FIG. 2

4. Application de l'oscillopolarographie à variation linéaire de tension au dosage du Ziram

Les mesures ont été effectuées au moyen d'un appareil AMEL, mod. 448 de construction italienne (Milan).

Dans le milieu AmOH-AmCl 0,5M les oscillogrammes comportent deux pics cathodiques. Le premier, très intense, correspond à l'adsorption sur le mercure de l'électrode du produit d'oxydation du dithiocarbamate ; le second, traduit la réduction des ions Zn^{2+}. Le pic de réduction se révèle le plus sensible ; sa hauteur reste mesurable jusque $0{,}65.10^{-6}$ M, soit 5 μg de Ziram dans 25 cc. Le tableau 3 montre, entre les limites examinées, la bonne proportionnalité existant entre concentration et hauteur de pic.

Tableau 3

Concentration	$i_p(Zn)(\mu A)$
$1{,}3\ 10^{-6}$ M	0,14
2,9 »	0,21
5,5 »	0,30
9,4 »	0,48
14,5 »	0,76
20,2 »	1,05
25,6 »	1,30
34,2 »	1,76

5. Étude du Ziram au moyen de l'électrode à goutte de mercure stationnaire

Nous avons utilisé le système de production de gouttes de mercure pendantes mis au point par Vogel (4). Les conditions expérimentales étaient les suivantes :

— variation de potentiel : 0 à —0,8 volt
vitesse de balayage : 0,5 volt. min^{-1}
surface de la goutte : 4,75 mm^2
— atténuation (damping) : 0

La hauteur des pics d'adsorption dépend fortement de l'intervalle de temps T écoulé entre la formation de la goutte au sein de la solution et le début de l'enregistrement du polarogramme. Cet intervalle est fixé à 10 minutes pour les valeurs de i_p (i_p courant de pic) reprises dans le tableau 4.

Tableau 4

Concentration	i_p (μA)
$0{,}125.10^{-6}$ M	0,005
0,248 »	0,01
0,37 »	0,015
0,61 »	0,035
0,845 »	0,053
1,08 »	0,058

La limite de sensibilité, que l'on pourrait d'ailleurs encore abaisser en prolongeant le temps de préenregistrement T, atteint $0{,}125.10^{-6}$ M, soit 0,9 μg de Ziram dans 25 cc de solution.

II. Application au dosage des résidus de ziram sur les végétaux

Le dosage du Ziram à l'état de résidu peut, en principe, se fonder sur les propriétés polarographiques du dithiocarbamate et du zinc qui composent sa molécule.

Pratiquement, seule la vague anodique due au dithiocarbamate est utilisable directement. En effet, la vague de réduction du zinc se situe, quels que soient les milieux,largement au delà de −1,0 volt. Cette situation dans l'échelle des potentiels rend inévitable l'interférence des constituants végétaux, notamment les chlorophylles et les caroténoïdes, extraits avec le Ziram. Si, d'autre part, on renonce aux techniques d'extraction pour recourir à l'incinération des végétaux traités, on se heurte à une autre difficulté : le zinc, provenant des végétaux, s'ajoute au zinc du produit fongique recherché.

Certes, il est possible, au moyen d'essais à blanc, d'évaluer la teneur moyenne en zinc de l'espèce végétale qui doit subir l'incinération.

Par exemple, nous avons trouvé qu'un lot de fraises de 311 gr. contenait 0,038 mg de zinc (0,12 p.p.m.) Quoique faible, cette teneur ne permet pas le dosage de quantités de Ziram inférieures à 0,355 mg ; pareille limitation est évidemment inacceptable.

Très simple, la technique de l'incinération peut rendre service dans certains cas. Par exemple, l'étude de la répartition d'une suspension de Ziram sur fraisiers au moyen de différents types de pulvérisateurs et de nébulisateurs peut s'effectuer en répartissant judicieusement sur le champ d'essais un certain nombre de papiers filtres exempts de zinc (ou à teneur en zinc négligeable). Pareil artifice permet l'analyse journalière d'une cinquantaine d'échantillons.

En général, cependant, il faut renoncer à utiliser la vague du zinc. Heureusement, l'onde anodique des dithiocarbamates ne souffre pas des interférences qui altèrent la vague du zinc. Sa situation privilégiée dans l'échelle des potentiels la met à l'abri de toute compétition vis à vis des constituants végétaux divers extraits en compagnie du Ziram. Cette action compétitive est d'autant moins à craindre que l'extraction du ziram aura lieu dans NaOH 0,2 N. Les extraits alcalins de feuilles d'hortensia et de haricot que nous avons effectués sont en effet pratiquement incolores.

Les chiffres du tableau 5 ont été obtenus de la manière suivante ; 1 cc d'une suspension à 100 mg dans 25 cc d'un produit technique commercial (Aazira, dosant 72,2 % de ziram) est déposé sur une feuille d'hortensia. Après évaporation de l'eau (environ 24 heures), la feuille est introduite dans un erlenmeyer de 250 cc et extraite pendant 1 minute par 25 cc de NaOH 0,2 N. L'extrait, placé dans la cellule, est désoxygéné et polarographié directement.

Tableau 5

N° essai	% récupération
1	91,5
2	95,5
3	100
4	103
5	100
6	10
7	100
8	100
9	95,5
10	109

Moyenne : 100,5 %
Coefficient de variation : 6.35 %
Limite de confiance : 100,5 ± 14,4

Les résultats obtenus par polarographie sur goutte pendante ne sont pas moins encourageants.

2 cc d'extrait (23 μg de ziram) introduits dans un ballon de 25 cc sont portés au volume de 25 cc avec NaOH 0,1 N. Les chiffres du tableau 6 se rapportent à un temps de préenregistrement de 1 minute : les autres conditions opératoires sont les mêmes que celles qui ont été décrites précédemment.

TABLEAU 6

N° essai	% recupération
1	97
2	99
3	104,5
4	95,5
5	99
6	97
7	100
8	96,5
9	103,5
10	97

Moyenne : 98,9 %
Coefficient de variation : 2,98 %
Limite de confiance : 98,9 ± 6,76

Remarque.

Les résultats des essais repris dans les tableaux 5 et 6 tiennent compte de la valeur du courant résiduel (essai à blanc).

GEMBLOUX, INSTITUT AGRONOMIQUE
LABORATOIRE DE CHIMIE ANALYTIQUE

BIBLIOGRAPHIE

(1) BREZINA M. et ZUMAN P. Polarography in Medicine, Biochemistry and Pharmacy, Interscience Publishers, New York (1958).
(2) DICKENSON, D. *Analyst*, **71**, 327 (1946).
(3) LOWEN W. K. Anal. Chem., **23**, 1846 (1951).
(4) VOGEL J. Institut polarographique de Prague. Communication personnelle.

LA POLAROGRAPHIE APPLIQUÉE AU DOSAGE DE PETITES QUANTITÉS DE FONGICIDES ET D'INSECTICIDES EN DÉPÔTS OU EN RÉSIDUS SUR PLANTES CULTIVÉES

II. Les dérivés de l'Acide dithiocarbamique (*)

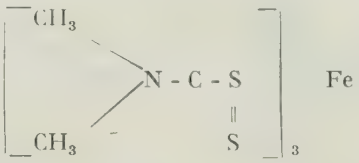
2. Le diméthyldithiocarbamate ferrique (Ferbam)

par Paul Nangniot

Généralités

Le ferbam se présente sous la forme de cristaux bruns-noiratres, solubles dans le chloroforme, l'acétone, la pyridine, l'acétonitrile et très peu solubles dans l'alcool.

Sa formule développée est la suivante :



Son poids moléculaire vaut 416,5.

Le principe de la méthode colorimétrique utilisée actuellement pour le dosage de petites quantités de ce fongicide est le même que pour le ziram (1, 2). Les méthodes que nous proposons présentent des avantages qui ne se retrouvent au même point dans aucune autre ; elles allient en effet à une grande simplicité, une rapidité, une sensibilité et une précision telles que leur application au dosage du ferbam à l'état de résidu s'effectue le plus souvent sans difficulté.

I. Étude théorique et mise au point d'une méthode de dosage

1. Conditions opératoires

Les conditions opératoires énumérées dans l'étude consacrée au ziram ont été observées (3).

(*) Cfr. *Bull. Inst. agron. et Stat. Rech. Gembloux*, Tome XXVIII, n° 3, p. 276-286 (1960) et n° 4, p. 365-372 (1960).

2. Comportement polarographique du Ferbam

Outre l'onde d'oxydation-adsorption présente chez tous les dithiocarbamates, le ferbam peut présenter, suivant la nature du milieu dans lequel il est examiné, une ou deux ondes de réduction due au fer présent dans sa molécule.

En pratique, dans le choix d'un milieu de base convenable, il est indispensable de tenir compte des possibilités d'interférence du fer avec l'onde du diméthyldithiocarbamate.

D'une manière générale, les électrolytes indifférents conviennent mal au dosage du ferbam. En effet, dans ces milieux, l'onde d'oxydation-adsorption caractéristique des dithiocarbamates présente une morphologie défectueuse due à la complexion du fer par l'ion diméthyldithiocarbamate. Cette complexion est mise en évidence en suivant au polarographe l'effet provoqué par l'addition croissante d'un sel ferrique sur la vague d'oxydation fournie par une solution de diéthyldithiocarbamate de soude. La *figure* 1 montre la diminution progressive de la dite vague et l'apparition

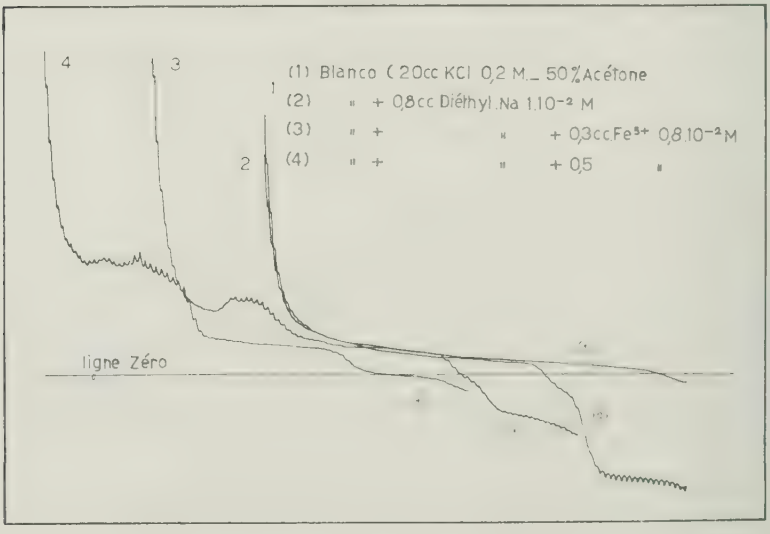


Fig. 1

simultanée d'une vague cathodique, présentant un maximum arrondi.

On constate également que l'addition à une solution de ferbam de quantités croissantes de sel ferrique provoqu eun deplacement progressif des polarogrammes dans la zone des courants positifs (cathodiques). Lorsque l'addition de sel ferrique est suffisante, la vague d'oxydation du ferbam

passe entièrement au-dessus de la ligne zéro et prend l'aspect d'une vague de réduction.

L'emploi de certains milieux complexants est beaucoup plus avantageux. C'est ainsi que le mélange AmOH-AmCl-Citrate, complexant fortement le fer, (la coloration brun-noirâtre du ferbam vire instantanément au vert pâle en présence de ce milieu) permet d'obtenir une vague du diméthyldithiocarbamate exempte de perturbation.

Toutefois, le meilleur électrolyte de base est constitué par la soude caustique. En effet, le ferbam dissous dans l'alcool absolu et examiné dans ce milieu, y fournit l'onde la plus facilement mesurable.

3. Courbes analytiques du Ferbam

a) *Dans AmOH-AmCl, 0,1 M — Citrate de K 0,04 M (50 % d'acétone).*

Tableau I

Concentration	i_d+i_a (μA)	i_d+i_a/C
$2,10^{-4}$ M	1,36	6,8
1,6 »	1,08	6,75
1,2 »	0,80	6,67
0,8 »	0,54	6,74
0,4 »	0,28	6,99
0,2 »	0,14	6,99
0,1 »	0,07	6,99

La courbe analytique est une droite passant par l'origine. La limite de sensibilité se situe à $0,5.10^{-5}$ M, soit 50 μg de ferbam dans 25 cc de solution.

Remarque

Possédant 3 groupements thiol (-SH), le ferbam doit fournir un saut trois fois plus élevé que le diéthyldithiocarbamate de soude qui n'en contient qu'un. En effet, dans le milieu AmOH-AmCl 0,1 M — citrate de K 0,04M contenant 50 % d'acétone, le diéthyldithiocarbamate de soude, à la concentration de 2.10^{-4} M, développe une vague d'oxydation-adsorption de 0,462 μA.

b) *Dans NaOH 0,1 M (50 % d'alcool absolu)*

Dans ce dernier milieu, la courbe analytique est une droite passant par l'origine ; la limite de sensibilité vaut $0,27.10^{-5}$ M, soit 27 μg de ferbam dans 25 cc de solution. Cette valeur limite, plus faible que celle qu'il est possible d'atteindre au moyen du tampon complexant AmOH-AmCl-citrate,

TABLEAU 2

Concentration	$i_a(\mu A)$	i_a/C
4,52 10^{-5} M	0,224	4,97
4,03 »	0,203	5,03
3,54 »	0,179	5,06
3,01 »	0,150	4,99
2,46 »	0,125	5,08
1,89 »	0,096	5,07
1,29 »	0,065	5,04
0,96 »	0,048	5,00
0,66 »	0,036	5,46
0,40 »	0,021	5,25
0,27 »	0,015	5,56

peut paraître paradoxale si l'on ne considère que les valeurs respectives des courants obtenus dans les deux milieux ; c'est qu'il faut, de plus, tenir compte de la morphologie de l'onde. La *figure* 2 permet de comparer l'allure des polarogrammes obtenus dans les 2 milieux : elle met en évidence la supériorité de l'onde obtenue dans NaOH 0,1M.

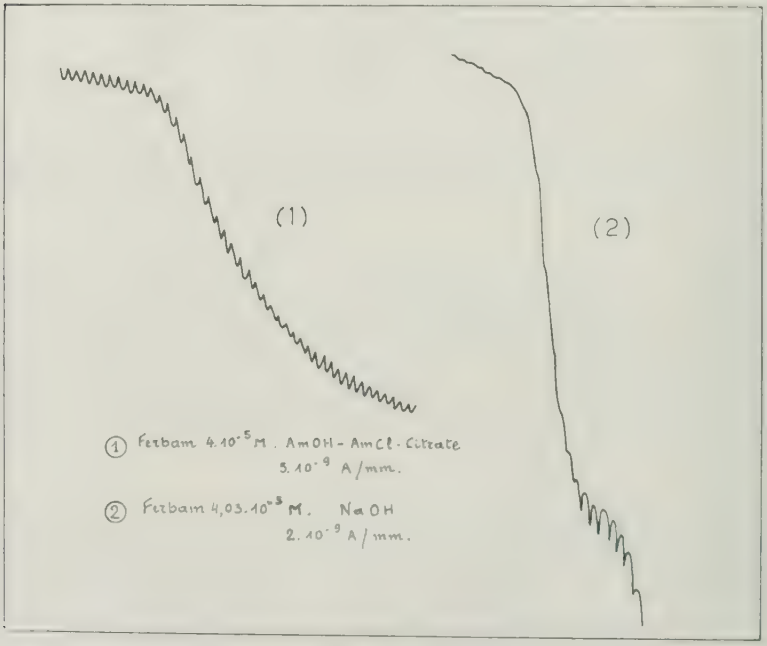


FIG. 2

4. Étude du Ferbam au moyen de l'oscillopolarographie à variation linéaire de tension

Les essais ont été effectués au moyen d'un oscillographe Amel, mod. 448. La vitesse d'application du potentiel de l'électrode à gouttes est restée invariablement fixée à 1 volt.sec^{-1}.

a) *Analyse qualitative.*

Le ferbam présente des caractères oscillographiques comparables à ceux du diéthyldithiocarbamate de soude et du ziram : pic d'adsorption intense unique lorsque la concentration est inférieure à $0{,}7.10^{-4}$ M ; apparition d'un second pic plus positif que le premier et le dépassant rapidement lorsque la concentration augmente ; coefficient de vitesse voisin de l'unité. Le pic de réduction du Fer est très mal défini et ne peut être utilisé pour des mesures quantitatives.

b) *Analyse quantitative*

Courbe analytique dans KCl 0,5 M — Citrate de Na 0,5 M (50 % *d'acétone*),

Tableau 3

Concentration	i_p (μA)
$0{,}482.10^{-6}$ M	0,12
1,08 »	0,27
2,99 »	0,80
5,08 »	1,44
7,37 »	2,08

La courbe analytique est une droite passant par l'origine. La limite de sensibilité correspond à une concentration en ferbam de $0{,}482.10^{-6}$ M, soit 5 μg de Ferbam dans 25 cc de solution.

5. Étude du Ferbam au moyen de l'électrode à goutte de mercure stationnaire

Les essais ont été réalisés au moyen du système à vis micrométrique conçu par Vogel (4). Les conditions expérimentales ont été décrites au cours de l'étude consacrée au Ziram (3). Le Ferbam, dissous dans l'alcool absolu, est examiné dans l'électrolyte-support NaOH 0,1N contenant 50 % d'alcool absolu.

Les chiffres du tableau 1 correspondent à un temps de préenregistrement T de 10 minutes.

La limite de sensibilité équivaut à une concentration en Ferbam de $0{,}135.10^{-6}$ M, soit 1,6 μg dans 25 cc.

TABLEAU 4

Concentration	$i_p(\mu A)$
$0{,}135.10^{-6}$ M	0,008
0,27 »	0,017
0,386 »	0,026
0,661 »	0,035
1,29 »	0,065

II. Application au dosage des résidus de ferbam sur les végétaux

Les difficultés d'utilisation de la vague du zinc qui ont été décrites au cours de l'étude consacrée au ziram (3), se rencontrent également dans le dosage des résidus de ferbam.

La méthode la plus simple et la plus rapide consiste à utiliser comme grandeur analytique la vague d'oxydation-adsorption des dithiocarbamates.

Le mode opératoire est le suivant :

Les feuilles traitées au moyen d'une suspension de ferbam technique (CARBAFER, contenant 78,9 % de produit actif), sont agitées pendant 1 minute avec 25 cc d'alcool. On prélève une partie aliquote de l'extrait (12,5 cc), on l'introduit dans un ballon jaugé de 25 cc, puis on porte au volume avec NaOH 0,2N. On polarographie ensuite à la manière ordinaire.

Les chiffres du tableau 5 concernent l'extraction de ferbam déposé sur feuilles d'hortensia, à raison de 0,316 mg par feuille.

TABLEAU 5

N° essai	% récupération
1	103
2	111,5
3	108,5
4	108,5
5	104
6	97

Moyenne : 105,4 %
Coefficient de variation : 4,9 %
Limite de confiance : $105{,}4 \pm 13{,}3$

Examinés sur goutte de mercure stationnaire, des extraits contenant 25 μg de ferbam, ont fourni les résultats suivants :

Tableau 6

N° essai	% récupération
1	93
2	98
3	94,5
4	98
5	89,5
6	87,5

Moyenne : 91,1 % %
Coefficient de variation : 5,54 %
Limite de confiance : 81,1 + 13

Des essais identiques effectués sur feuilles de haricot ont donné les résultats suivants :

— sur électrode gouttante, à partir d'un extrait contenant 0,158 mg de ferbam (tableau 7)

Tableau 7

N° essai	% récupération
1	91,5
2	97
3	103
4	83
5	91,5
6	94

Moyenne : 93,3. %
Coefficient de variation : 7,12
Limite de confiance : 93,3 ± 17,1 %

— sur électrode à goutte pendante, à partir d'un extrait contenant 0,01 mg de ferbam (tableau 8).

Tableau 8

N° essai	% récupération
1	143,5
2	125
3	125
4	122
5	112
6	119

Moyenne : 124,4 %
Coefficient de variation : 8,5 %
Limite de confiance : 124,4 ± 27

Remarque

Les résultats des essais repris dans les tableaux 5, 6, 7 et 8 tiennent compte de la valeur du courant résiduel.

GEMBLOUX, INSTITUT AGRONOMIQUE
LABORATOIRE DE CHIMIE ANALYTIQUE

BIBLIOGRAPHIE

(1) DICKENSON, D. *Analyst*, **71**, 327 (1946).
(2) LOWEN W. K. *Anal. Chem.*, **23**, 1846 (1951).
(3) NANGNIOT P. *Bull. Institut Agronomique et Stat. Rech. Gembloux*, XXVIII, n° 4 (1960).
(4) VOGEL J. Institut Polarographique de Prague.

LA POLAROGRAPHIE APPLIQUÉE AU DOSAGE DE PETITES QUANTITÉS DE FONGICIDES ET D'INSECTICIDES EN DEPÔTS OU EN RÉSIDUS SUR PLANTES CULTIVÉES

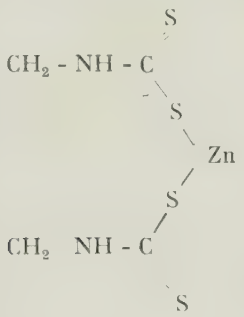
II. Les dérivés de l'Acide dithiocarbamique (*)

3. L'Éthylène-bisdithiocarbamate de zinc (Zineb)

par Paul Nangniot

Généralités

Le Zineb se présente sous la forme d'une poudre cristalline de couleur blanche, de poids moléculaire 275,7 et répondant à la formule développée :



A peu près insoluble dans tous les solvants, il est cependant soluble dans la pyridine.

Le dosage de petites quantités de Zineb s'effectue de la même manière que pour le Ziram et le Ferbam par une méthode colorimétrique (1, 2) dont les multiples inconvénients s'opposent au dosage simple et rapide du Zineb à l'état de résidu.

(*) Cfr. *Bull. Inst. agron. et Stat. Rech. Gembloux*, t. XXVIII, n° 3, p. 276-286, 1960 ; n° 4, p. 365-380, 1960.

1. Étude théorique et mise au point d'une méthode de dosage

1. Conditions opératoires

Les conditions opératoires décrites lors des études ayant pour objet le Ziram et le Ferbam (3) n'ont subi aucune modification.

2. Comportement polarographique général du Zineb

Comparable au Ziram, le Zineb peut également, en principe, se doser en mettant à profit, soit la vague d'oxydation-adsorption fournie par la fraction éthylène-bis-dithiocarbamate de la molécule, soit, en écartant à priori une complexion tellement puissante qu'elle la rejette en dehors des limites du polarogramme, la vague de réduction du zinc.

Comme le Ziram, le Zineb est rapidement décomposé en milieu acide, plus lentement en milieu neutre ; il n'est suffisamment stable que lorsque le pH des milieux dans lesquels il est examiné est supérieur à 9.

Le comportement polarographique du Zineb en dissolution dans la pyridine laisse fortement à désirer. En effet, dans le milieu AmOH-AmCl 0,25N ne contenant pourtant, par suite de l'addition de la solution pyridinique de Zineb, que 4 % de pyridine, la vague d'oxydation de l'éthylène bis-dithiocarbamate se développe de manière fortement irréversible ; la vague de réduction des ions Zn^{2} n'est que peu influencée par la pyridine présente à cette concentration. Lorsque la concentration en pyridine augmente, le courant de diffusion du zinc présente un maximum qui rend sa mesure malaisée. Ces difficultés nous ont conduit à rechercher un autre solvant. Nous basant sur le principe de la stabilité des dithiocarbamates en milieu alcalin, nous n'avons pas tardé, après une tentative infructueuse d'emploi de l'hydrazine, à porter notre choix sur la soude caustique 0,2 N, dans laquelle le Zineb se dissout sans peine. Ce solvant jouit en même temps de la propriété de pouvoir être utilisé comme électrolyte-support.

3. Courbes analytiques du Zineb dans NaOH 0,1 N

Dans ce milieu l'onde d'adsorption i_a se confond avec l'onde d'oxydation i_d et forme avec elle un polarogramme simple, facilement lisible (voir figure 1). De plus, lorsque la concentration est supérieure à 1.10^{-4} M, il apparaît une nouvelle vague i_λ, plus positive que i_d et dont la hauteur, d'abord croissant en fonction de la concentration, reste constante au delà de $1,6.10^{-4}$ M.

La vague i_λ présente un caractère d'adsorption et serait due à la formation d'un sel de mercure bivalent. Zuman (4) relate l'existence du même phénomène dans un article consacré au comportement polarographique du 2.3. dimercaptopropanol.

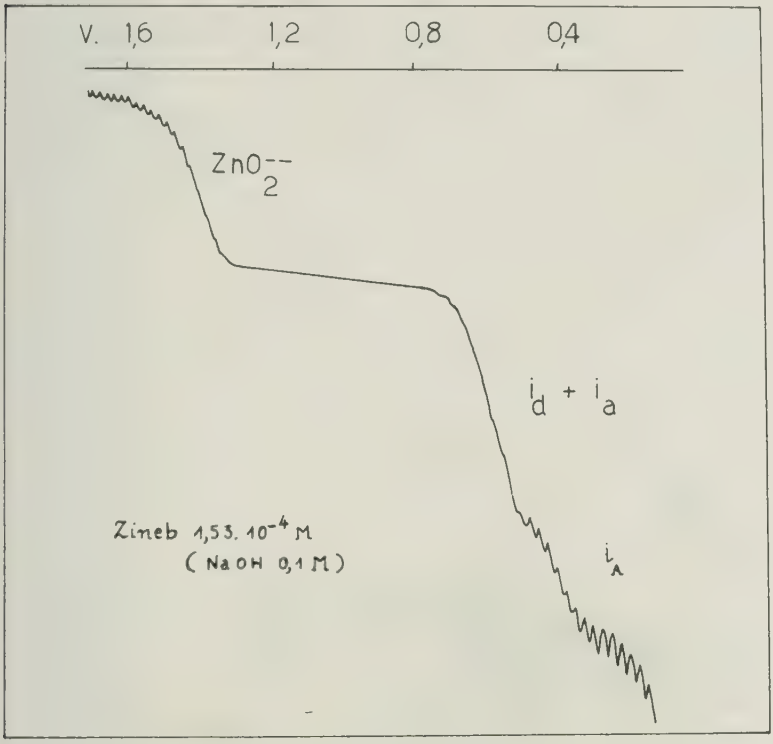


FIG. 1

a) de $0{,}31.10^{-5}$ M à $9{,}26.10^{-5}$ M

TABLEAU I (voir figure 2)

Concentration	$(i_d+i_a)(\mu A)$	$(i_d+i_a)/C$
0,31 10^{-5} M	0,026	8,39
0,62 »	0,056	9,03
1,235 »	0,118	9,55
1,85 »	0,181	9,77
2,45 »	0,245	10,0
3,05 »	0,312	10,2
3,64 »	0,360	9,88
4,83 »	0,490	10,20
5,94 »	0,62	10,40
7,07 »	0,765	10,80
8,15 »	0,895	11,0
9,2 »	1,03	11,0

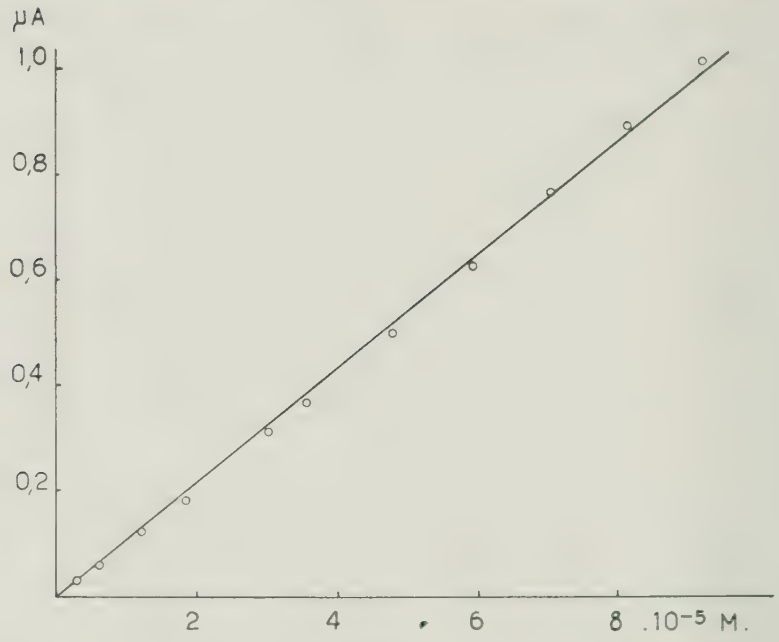


FIG. 2.

b) de $1{,}03.10^{-4}$M à $3{,}3.10^{-4}$M

TABLEAU 2 (voir figure 3)

Concentration	$(i_d+i_a+iA)(\mu A)$	$(i_d+i_a+iA)/C$
$1{,}03.10^{-4}$ M	1,14	11,05
1,14 »	1,22	10,70
1,24 »	1,285	10,35
1,34 »	1,41	10,52
1,44 »	1,505	10,45
1,63 »	1,60	9,82
1,84 »	1,80	9,78
2,02 »	1,80	8,92
2,30 »	id	7,84
2,58 »	id	6,97
2,76 »	id	6,53
2,92 »	id	6,17
3,30 »	id	5,46

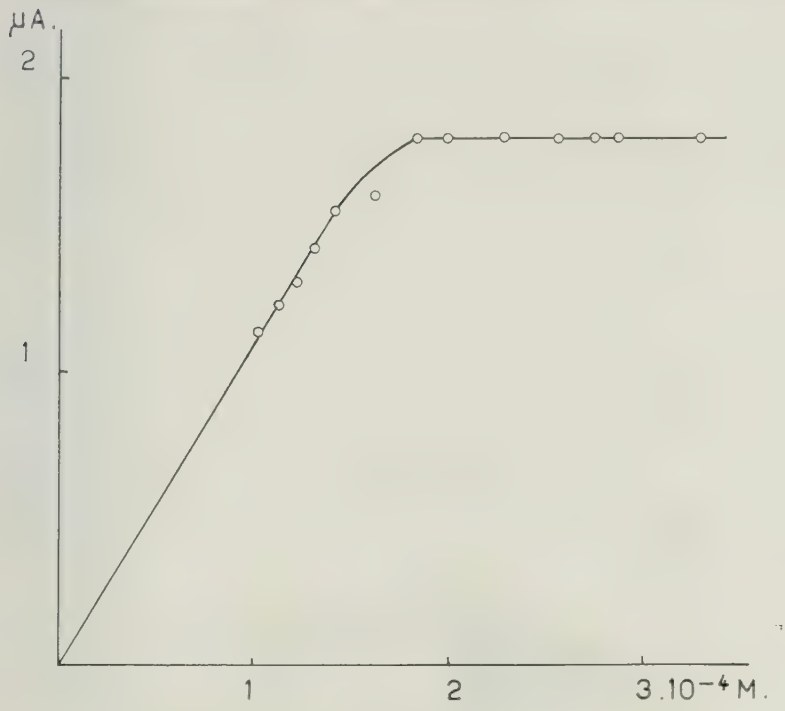


FIG. 3.

La limite de sensibilité se situe à $0{,}31.10^{-5}$ M, soit 21 μg de Zineb dans 25 cc. de solution.

Remarques

1° La vague due à la réduction des ions zincate Zno_2^{--} ($E_{1/2} = -1{,}42$ volt) ne permet pas d'atteindre une limite de sensibilité aussi bonne ; en effet, en dessous de $1{,}235.10^{-5}$ M, l'étalement excessif de l'onde, joint à certaines irrégularités, rend illusoire la mesure précise des courants de diffusion.

2° Dans le milieu examiné, le comportement polarographique du Zinc est celui de l'ion Zno_2^{--} ; il ne laisse aucune place à l'hypothèse de la formation d'un complexe organique.

Les chiffres suivants en font foi :

	Zno_2^{--} 1.10^{-4} M	Zno_2^{--} (Zineb) 1.10^{-4} M
i_d (μA)	0,48	0,495
$E_{\frac{1}{2}}$ (S.Ag.E.)	—1,42	—1,42

Les chiffres de la colonne de gauche concernent une solution de $ZnSO_4$; les chiffres de la colonne de droite se rapportent à une solution de Zineb.

De plus, par l'addition progressive d'une solution zincique à une solution alcaline d'éthylène-bisdithiocarbamate de soude, on constate l'addition pure et simple des vagues caractéristiques des composés mis en présence. Conformément aux règles énoncées par Zuman et Zumanova (5), il ne se forme donc aucun complexe stable entre le zinc et le diéthyldithiocarbamate de soude.

4. Étude du Zineb au moyen de l'électrode à goutte de mercure stationnaire.

Les conditions opératoires sont les mêmes que celles qui ont été établies lors de l'étude du Ziram et du Ferbam (3).

Le temps de préenregistrement T est fixé à 1 minute pour les concentrations comprises entre $1{,}25.10^{-6}$ M et $11{,}9.10^{-6}$ M ; à 10 minutes pour les concentrations comprises entre $1{,}25.10^{-7}$M et $11{,}9.10^{-7}$ M.

Les enregistrements ont lieu dans l'électrolyte-support NaOH 0,1M.

a) *de* $1{,}25.10^{-6}M$ *à* $11{,}9.10^{-6}M$

Tableau 3

Concentration	$i_p(\mu A)$
$1{,}25\ 10^{-6}$ M	0,15
2,50 »	0,28
3,69 »	0,42
6,10 »	0,51
8,45 »	0,60
11,90 »	0,73

La hauteur des pics est proportionnelle à la concentration jusque $3{,}69.10^{-6}$ M. Au delà, la cessation de la proportionnalité ne permet plus l'utilisation quantitative du procédé.

b) *de* $1{,}25.10^{-7}M$ *à* $11{,}9.10^{-7}M$

Tableau 4

Concentration	$i_p(\mu A)$
$1{,}25.10^{-7}$ M	0,018
2,50 »	0,032
3,69 »	0,054
6,10 »	0,100
8,45 »	0,144
11,90 »	0,200

La hauteur des pics est proportionnelle à la concentration. La limite de sensibilité, qu'il est encore loisible d'abaisser en augmentant le temps de préenregistrement, se situe à $1{,}25.10^{-7}$M, soit 0,86 μg de zineb dans 25 cc. de solution.

L'électrode de mercure stationnaire se révèle donc 25 fois plus sensible que l'électrode gouttante.

II. Application au dosage du zineb à l'état de résidu

Les considérations que nous avons exposées lors de l'étude du ziram sont évidemment applicables au zineb. La vague d'oxydation-adsorption des bis-dithiocarbamates est seule utilisable pratiquement. Le milieu de base le plus favorable au dosage de faibles quantités de zineb est, sans contredit, constitué par la soude caustique utilisée également comme liqueur d'extraction du zineb déposé sur feuilles.

Les tableaux 5 et 6 recensent les résultats obtenus par extraction de zineb déposé sur feuilles de haricots.

TABLEAU 5

(272 μg de zineb par feuille)

N° essai	% de récupération
1	90,5
2	100
3	98,5
4	91,5
5	98,5
6	98,5
7	88,5
8	107
9	100

Moyenne : 97 %
Coef. variation : 5,97 %
Lim. confiance : 97 $\pm$ 13,4

Remarque :

Les résultats des essais repris dans les tableaux 5 et 6 tiennent compte de la valeur du courant résiduel (essai à blanc).

TABLEAU 6

(21,8 µg de zineb par essai)

N° Essai	% de récupération
1	120
2	96
3	129
4	104
5	125
6	113
7	116
8	104

Moyenne : 113,4 %
Coef. variation : 10,03 %
Lim. confiance : 113,4 ± 27

BIBLIOGRAPHIE

(1) DICKENSON, D. *Analyst* **71**, 327 (1946)
(2) LOWEN W. K. *Anal. Chem.* **23**, 1846 (1951).
(3) NANGNIOT P. *Bull. Inst. Agr. et Stat. Recherches Gembloux*, XXVIII, n° 4 (1960).
(4) ZUMAN P. *Chem. Listy* **46**, 516 (1952)
(5) ZUMAN P. et ZUMANOVA. *Collection Czechoslov. Chem. Commun.* **21**, 123 (1956)

STATION DE RECHERCHES DE L'ÉTAT POUR L'AMÉLIORATION DE LA CULTURE DE LA POMME DE TERRE — LIBRAMONT
(Dir. N. Rigot)
CENTRE DE CHIMIE-PHYSIQUE AGRICOLE, 2e SECTION - I.R.S.I.A.
Laboratoire de Pédologie — Gembloux. (Dir. G. Manil)

Application de la théorie des variantes systématiques à la culture de la pomme de terre-Influence du facteur sol (*)

par Léon Nys et Gustave Hanotiaux (**)

SOMMAIRE

1. Rappel succinct de la théorie d'homès.

2. Généralités.
   a. Variétés
   b. Parcelles
   c. Planing des expériences

3. Analyse biométrique des rendements.
   a. Étude de l'écart-type ou de la variation Résiduelle
   b. Étude de l'effet Blocs
   c. Étude de l'effet Fumures.
   d. Étude de la fertilité naturelle des terrains étudiés
   e. Étude des variétés par les rendements théoriques avec fumures

4. Recherche des équilibres optimums.
   a. Anions
   b. Cations

5. Recherche du rapport anions/cations optimum et détermination de la dose optimum.
   a. Description des essais 1. Carlsbourg : 1954-55-56
      2. Orval : 1954-55
   b. Conclusions

(*) Déposé à la rédaction le 27 novembre 1960.

(**) L. Nys, Chef de travaux à la Station de Recherches de Libramont (Ministère de l'Agriculture). G. Hanotiaux, Chef de travaux à la Chaire de Pédologie de l'Institut agronomique de l'État à Gembloux.

6. Composition chimique des tubercules.

7. Poids moyen des tubercules.

8. Le facteur sol dans la théorie des variantes systématiques.

   a. Concept d'Homès

   b. Réactions spécifiques de sols donnés et de traitements différenciés sur les variations de rendement.

   c. Modifications physico-chimiques intervenues dans un même sol, par l'application de fumures à prédominance ionique déterminée (K, Ca...) après une saison culturale.

1. Rappel succinct de la théorie d'Homès

Dans son ouvrage sur l'*Alimentation des Plantes et le Problème des Engrais Chimiques* (7) ainsi que dans de nombreux articles (3) (4) (5) (6) (9) publiés par lui-même ou en collaboration avec d'autres auteurs, Homès défend une thèse nouvelle sur l'alimentation minérale des végétaux. Cette théorie séduisante s'est vérifiée avec succès dans les conditions particulières de l'aquiculture. Son application en plein champ a rencontré également un certain nombre de succès. Mais il semble bien cependant qu'il serait intéressant de mieux préciser l'influence spécifique des différents milieux pédologiques expérimentés.

On peut résumer cette théorie de la façon suivante.

Il existe pour chaque plante cultivée un optimum cationique et un optimum anionique de la solution nutritive qui permettent à la plante de fournir un rendement maximum.

L'application de cette théorie conduit à rechercher dans chaque cas :

1°) *L'optimum cationique*, c'est-à-dire la meilleure proportion entre les différents cations. Généralement on choisit les 3 cations suivants : K^+, Ca^{++}, Mg^{++}.

2°) *L'optimum anionique*, c'est-à-dire la meilleure proportion entre les différents anions. Généralement on choisit les 3 anions suivants : PO_4^{---}, SO_4^{--}, NO_3^-.

3°) *Le rapport optimum quantité d'anions/quantité de cations*
Anions et cations étant exprimés en équivalents - gr/Ha.

4°) *La dose optimum* du mélange anions-cations préalablement défini.

Ces opérations se font en trois temps successifs.

a) Détermination des optimums cationiques et anioniques (1) - (2) ; 1re année

b) Détermination du rapport optimum A/C ; 2e année

c) Détermination de la dose optimum ; 3e année

2. Généralités

Dans le cas particulier de la pomme de terre, cette théorie a été appliquée dans les conditions décrites ci-après.

a. Variétés :

Voran : variété fourragère tardive.
Gros tubercules oblongs et irréguliers.
Sensibilité à l'enroulement, peu sensible à la gale ordinaire et au phytophtora.
Variété à rendement élevé (40-50 T./Ha) supportant bien la sécheresse.

Gari : Obtenteur : Station de Recherches de Libramont.
Variété tardive, à toutes fins.
Tubercules moyennement gros, peu réguliers, légèrement claviformes.
Résistance au phytophtora (réfractaire au biotype ordinaire) et à la gale superficielle.
Rendement le plus souvent supérieur à Voran (30 %) ; de l'ordre de 50-60 tonnes en année normale.

Gaumaise : Obtenteur : Station de Recherches de Libramont (Plantule sélectionnée dans un semis de graines récoltées sur la Variété « Rosa » et provenant de fécondation naturelle).
Variété potagère de grande consommation.
Demi-hâtive (quelques jours plus tardive que Bintje ; 3 semaines plus précoce que « Rosa »).
Tubercules de forme longue-arquée, amincis à une extrémité, aplatis.
Grosseur moyenne, forme régulière.
Feuillage très sensible au phytophtora ; tubercules sensibles.
Résistante à la gale superficielle.
Rendement moyen (30 t./Ha environ).

b. Parcelles : on les a situées sur des substrats divers :

.*Carlsbourg* : sur colluvions mixtes du type ardennais, dérivant de roches coblenciennes.

..*Orval* et *Villers devant Orval* : sur des sables pauvres du virtonien.

...*Strée en Thudinie* : sur limon loessique typique.

c. Planning des expériences

Les champs d'expériences étaient généralement découpés en 7 blocs, de 7 traitements, à savoir, le témoin et les traitements à prédominance azotée, sulfatée, phosphatée, potassique, calcique et magnésique.

Chaque parcelle unitaire avait pour dimensions : 5,60 m sur 6,60 m, soit en surface 36,96 m².

Pour la recherche de l'engrais optimum, les traitements à prédominance cationique et anionique avaient dans les derniers essais (1955, 57) la composition suivante : (*).

TABLEAU 1

Traitements	NO_3	SO_4	PO_4	anions	K	Ca	Mg	cations
1 (NO_3)	10.000	2.500	2.500	15.000	2.500	5.000	2.500	10.000
2 (SO_4)	2.500	10.000	2.500	15.000	2.500	5.000	2.500	10.000
3 (PO_4)	2.500	2.500	10.000	15.000	2.500	5.000	2.500	10.000
4 (K)	5.825	6.675	2.500	15.000	6.675	1.662	1.662	10.000
5 (Ca)	5.825	6.675	2.500	15.000	1.662	6.675	1.662	10.000
6 (Mg)	5.825	6.675	2.500	15.000	1.662	1.662	6.675	10.000
7 (Te)	—	—	—	—	—	—	—	—

Les nombres expriment des quantités d'anions et de cations en équivalents-grammes par Ha.

L e s é q u i l i b r e s i o n i q u e s correspondant aux six mélanges peuvent donc se traduire :

— Mélanges anioniques :

(1) 66,7 - 16,7 - 16,7
(2) 16,7 - 66,7 - 16,7 } 25-50-25
(3) 16,7 - 16,7 - 66,7

— Mélanges cationiques :

(4) (66,7 - 16,7 - 16,7
(5) 38,8 - 44,5 - 16,7 } (16,7 - 66,7 - 16,7
(6) (16,7 - 16,7 - 66,7

Le rapport $\frac{\text{anions}}{\text{cations}} = 1.5$

L a d o s e a p p l i q u é e : 25.000 équivalents-grammes positifs et négatifs par hectare.

On appelle « Équivalent Chimique » la quantité de substance réagissant directement ou indirectement avec l'unité de poids d'Hydrogène (10).

Dans le corps de l'exposé, nous donnerons les indications générales concernant la recherche du rapport $\frac{A}{C}$ optimum ainsi que pour la recherche de la dose optimum.

(*) Protocoles d'expériences du Centre d'Études et de Recherches sur l'Aquiculture (IRSIA) : Dir. Prof. HOMÈS M. V. et ANSIAUX J.

Addition d'éléments mineurs ou oligodynamiques:

A chaque tranche de 10.000 équivalents-grammes d'éléments majeurs, on a ajouté 2,50 kg d'oligo-éléments pris dans les proportions suivantes :

— Borax	1.545,1
— Cu SO_4 cristallisé	502,3
— Mn SO_4 »	502,3
— Zn SO_4 »	201,3
	2.750.gr

Ces oligo-éléments sont ajoutés afin que les différences de rendement observées soient essentiellement dues aux traitements différentiels des éléments majeurs.

Remarque : Dans les premiers essais (1953, 54, 55) les valeurs étaient quelque peu différentes. Nous en donnons la formulation dans le tableau III.

3. Analyse biométrique des rendements

Nous avons étudié l'analyse de la variance appliquée à la méthode des blocs telle que l'a décrite Vessereau (11). Selon cette méthode la variation totale de l'expérience se décompose en trois variations partielles.

a. la variation due à l'effet Blocs (VB)

b. la variation due à l'effet Fumures (traitements) (VF)

c. la variation Résiduelle (Vr) groupant toutes les variations dues à des facteurs non-contrôlés tels que :
   — variations de fertilité au sein d'un même bloc
   — variations culturales légères au sein d'un même bloc

La comparaison des rapports $\frac{VB}{Vr} = k_B$ et $\frac{VF}{Vr} = k_F$ aux valeurs correspondantes de la table de Snedecor permet d'estimer le degré de signification de la différence entre Blocs ou entre Fumures.

Rappelons aussi que l'écart-type d'une mesure, ou la valeur moyenne de l'erreur affectée à une mesure, est désignée par le symbole Sm.

$$Sm = \sqrt{\frac{Vr}{n}} \qquad n = \text{nombre de répétitions.}$$

L'ensemble des résultats est consigné dans le tableau II.

Nous estimons que, dans des expériences de ce genre, il importe plus de mettre en évidence les augmentations de rendement par rapport à la

TABLEAU II

Étude des facteurs blocs et traitements

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	
N° de l'essai	Lieuet année	Variété	Rendement moyen : sans engrais	Moyenne générale des variations de rendement (V)	Écarts-types (Sm)	$\frac{Sm \times 100}{V}$	Seuils de signification	
							Blocs	Traitements
1	Orval 1953	Voran	9,4 T	240,5 %	±47,2	19,6 %	0,01	0,01
2	Carlsbourg 53	»	24,7	40,6 %	±4,37	10,7 %	»	0,01
3	Orval 1954	»	28,8	23,2 %	±5,23	22,5 %	»	0,05
6	Carlsbourg 55	»	27,1	25,9%	±3,88	14,9 %	»	0,01
10	Villers 1957	Gaumaise	24	23,8 %	±4,37	18,4 %	0,05 à 0,01	0,05
11	Carlsbourg 57	Gari	37,2	11,2 %	±4,55	40,5 %	0,01	0,05
12	Strée 1957	Gari	41,9	15,0 %	±3,76	25 %	0,01	0,05
Moyennes :	—	—	—	23,3 %	—	21,7 %	—	—

TABLEAU III

N° de l'essai (1)	Essai (2)	Variété (3)	Équivalents gr. par ha (4)	Formulation (4)	A/C (6)	Dominance binaire (7)	Rendement témoin par ha (8)	Avec fumure	
								Coefficient d'augmentation (9)	Rendements moyens théoriques (10)
1	Orval 1953	Voran	20.000	74/13/13	1	85/15	9,4 T	3,405	32 T/Ha
2	Carlsbourg 53	Voran	20.000	74/13/13	1	85/15	24,7	1,406	34,6
3	Orval 1954	Voran	20.000	70/15/15	1	82,5/17,5	28,8	1,232	35,5
6	Carlsbourg 55	Voran	25.000	60/20/20	(1,255 (1,218	75/25	27,1	1,259	34,2
10	Orval 1955	Gaumaise	25.000	66,7/16,7/ 16,7	1,5	80/20	24	1,238	29,7
11	Carlsbourg 57	Gari	25.000	»	1,5	80/20	37,9	1,112	42,2
12	Strée 1957	Gari	25.000	»	1,5	80/20	41,9	1,15	48,2

parcelle témoin (sans fumure) que d'exprimer les valeurs absolues exprimées par unité de surface.

Si l'on admet le rendement témoin égal à 100, les variations (V) de rendement des autres parcelles seront exprimées en pour cent du rendement témoin.

Ex :	témoin	= 20 T/Ha
	parcelle traitée	= 26,5 T/Ha
	V (variation)	= + 32,5 %

a) Étude de l'écart-type ou de la variation RÉSIDUELLE (colonnes 6 et 7)

On constate que cet écart-type se situe entre 15 et 25 % de la moyenne générale des variations. Dans l'essai 11 (Carlsbourg 1957), il atteint même la valeur 40,5 %.

Par conséquent, on peut conclure à une intervention importante de facteurs non contrôlés, comme l'hétérogénéité interne des Blocs par exemple. Cette valeur importante de l'erreur résiduelle diminuera malheureusement la valeur discriminante des traitements.

b) Étude de l'effet BLOCS (colonne 8)

Dans la plupart des cas, le seuil de signification du facteur Blocs est inférieur à 0,01. Les terrains utilisés sont donc très hétérogènes. Mais cela ne diminue aucunement les conclusions obtenues pour l'effet : Traitements (Fumures), puisque le calcul biométrique permet d'en tenir compte.

c) Étude de l'effet FUMURES (colonne 9).

Dans l'ensemble, les variations de rendement obtenues par les fumures différenciatrices sont significatives (sauf pour les essais 3-10-11). *Les conclusions que nous pourrons tirer au sujet des équilibres ioniques seront donc valables.*

d) Étude de la fertilité naturelle des terrains étudiés

Pour estimer la fertilité naturelle d'un sol dans le cas de la culture de pommes de terre, nous avons préféré comparer les variations de rendements obtenues par l'application de fumure par rapport au témoin, plutôt que de comparer les rendements témoins entre eux. Car, dans ce dernier cas, le caractère variétal « production » joue un rôle essentiel.

La variété Gari, par exemple, est de forte production tandis que la variété Gaumaise est de faible production.

En comparant les variations de rendements obtenues par l'application de fumures, on peut constater que les essais furent réalisés dans quatre cas de fertilité naturelle différente.

1. *Terrain particulièrement déficient* :
   ORVAL (1953) ; Essai 1, Var. VORAN.
2. *Terrain assez déficient* :
   CARLSBOURG (1953) ; Essai 2, Var. VORAN.
3. *Terrains de fertilité moyenne* :
   ORVAL (1954), Essai 4, Var. VORAN.
   CARLSBOURG (1955), Essai, 5, Var. VORAN.
   VILLERS (1957), Essai 10, Var. GAUMAISE.
4. *Terrains de bonne productivité* :
   CARLSBOURG (1957), Essai 11, Var. GARI.
   STRÉE (1957), Essai 12, Var. GARI.

Cette variation des productivités des terrains permettra une généralisation plus aisée des conclusions relatives aux équilibres ioniques.

e) ÉTUDE DES VARIÉTÉS PAR LES RENDEMENTS THÉORIQUES AVEC FUMURES (Tableau III)

Les rendements théoriques sont obtenus par calcul en multipliant le rendement moyen des parcelles témoins par la valeur $\frac{100 + V'}{100}$

V' étant la « variation » moyenne de toutes les parcelles de tous les blocs.

La variété GARI se révèle supérieure à la variété VORAN, leurs productivités moyennes étant respectivement de

45,2 T/Ha et de 34,1 T/Ha. Si donc VORAN = 100, GARI = 130.

D'autre part, il est intéressant de constater le rendement relativement élevé de GAUMAISE, variété résultant d'une régénération de ROSA : près de 30 T/Ha.

4. Recherche des équilibres optimums

Théoriquement, les proportions optimums des 3 cations et des 3 anions s'obtiennent à partir des rendements de la manière suivante : (Cf. HOMÈS *op. cit.*).

$$\text{— pour K} = \frac{100\ R_K}{R_K + R_{Ca} + R_{Mg}}$$

$$\text{— pour Ca} = \frac{100\ R_{Ca}}{R_K + R_{Ca} + R_{Mg}}$$

$$\text{— pour Mg} = \frac{100\ R_{Mg}}{R_K + R_{Ca} + R_{Mg}}$$

$$\text{— pour } O_3 = \frac{100\ R_{NO_3}}{R_{NO_3} + R_{SO_4} + R_{PO_4}}$$

R_K, R_{Ca}... = rendements obtenus dans les traitements à dominance respective de ces ions.

$$— \text{ pour } SO_4 = \frac{100\ R_{SO4}}{R_{NO3}+R_{SO4}+R_{PO}}$$

$$— \text{ pour } PO_4 = \frac{100\ R_{PO4}}{R_{NO3}=R_{SO4}+R_{PO4}}$$

En plein champ, il faut tenir compte d'un facteur correctif (v.plus loin).

a) Les équilibres anioniques

Tableau IV

		NO_3	SO_4	PO_4
1. Orval 1953	Voran	41,5	32,0	26,5
2. Carlsbourg 1953	Voran	36,0	31,5	32,5
3. Orval 1954	Voran	—	—	
6. Carlsbourg 1955	Voran	42,0	26,5	31,5
10. Villers 1957	Gaumaise	37,0	30,5	32,5
11. Carlsbourg 1957	Gari	50,0	26,0	24,0
12. Strée 1957	Gari	45,0	27,0	28,0
Moyennes		42,0	29,0	29,0

Les besoins en NO_3 dominent dans tous les cas.

Dans le tableau V, nous avons repris les valeurs du seuil de probabilité qui indiquent si les différences observées entre traitements sont significatives ou non. On estime généralement que des valeurs supérieures à 0,30 ne révèlent plus de différence significative.

Tableau V

Valeurs de (P)

Différences	NO—SO^4	NO^3—PO^4	SO^4—PO^4
Essai n. 1	0,30	0,10	0,30
n. 2	0,20	0,20	idem
n. 6	0,01	0,02	»
n. 10	0,20	nulle	»
n. 11	0,10	0,10	»
n. 12	0,02	0,05	»

Conclusions.

1. Les différences entre les traitements NO_3 et les autres (SO_4 et PO_4) sont toujours significatives avec des valeurs faibles pour P (0,01 ; 0,02 et 0,05).

2. Par contre, aucune différence significative n'apparaît entre les traitements SO_4 - PO_4, dans aucun des cas. Par conséquent, dès que les valeurs optimums pour PO_4 sont connues, on en déduit automatiquement les valeurs optimums pour SO_4, puisqu'elles sont identiques.

Ces essais montrent donc une exigence supérieure et nette de la pomme de terre pour l'azote ($\pm$ 40 %), les autres anions étant nécessaires en proportions identiques ($\pm$ 30 %). Ils montrent aussi le rôle majeur joué par le soufre dans la nutrition minérale des plantes.

b) Les équilibres cationiques

Dans les quatre derniers essais (6, 10, 11, 12), les moyennes des pourcentages pour les différents cations ont des valeurs identiques. (34-33-33). Voir tableau VI.

Tableau VI

		K	Ca	Mg
1. Orval 1953	Voran	63,0	16,5	20,5
2. Carlsbourg 1953	Voran	44,5	22,5	33,0
3. Orval 1954	Voran	29,0	31,0	40,0
6. Carlsbourg 1955	Voran	31,5	31,0	37,5
10. Villers 1957	Gaumaise	34,5	33,0	32,5
11. Carlsbourg 1957	Gari	34,5	35,5	30,0
12. Strée 1957	Gari	33,5	31,0	36,0
Moyennes des 4 derniers essais		34,0	33,0	33,0

Le tableau VII, montrant le degré de signification des différences éventuellement observées, confirme amplement le fait. Sauf pour les premiers essais, on n'observe pas de différence significative entre les traitements à prédominance cationique, soit potassique, soit calcique ou magnésique.

Dans quatre essais cependant, (1, 2, 3, 6) les différences Ca-Mg se sont revélées significatives, indiquant un besoin plus grand en magnésie pour ces terrains expérimentaux. Le rapport $\frac{Mg}{Ca}$ idéal voisinerait, dans ces cas précis, la valeur 1,30.

Excepté dans l'essai n° 1, on constate une exigence relativement faible de la pomme de terre vis-à-vis de la potasse, alors que l'on connaît les importants besoins de la pomme de terre pour ce cation. Ceci tend donc à montrer que la réserve en potassium disponible est malgré tout assez forte dans la plupart de nos sols agricoles.

TABLEAU VII

Différences	K—Ca	K—Mg	Ca—Mg
Essai n. 1	0,01	0,01	plus élevée que 0,30, donc....
n. 2	0,01	0,01	0,01
n. 3	—	0,20	0,20
n. 6	—	0,20	0,20
n. 10	—	—	—
n. 11	—	—	—
n. 12	—	—	—

Conclusions : Pour la pomme de terre, la tendance générale dans les équilibres cationiques serait une équivalence des exigences pour les trois cations étudiés.

Cependant, certains essais ayant montré une exigence particulière, tantôt du potassium vis-à-vis des autres cations, (essai 1), tantôt du magnésium vis-à-vis du calcium (essais 2, 3, 6). On ne peut appliquer, sans risque, les conclusions de la tendance générale observée plus haut. Une étude préliminaire de la dynamique cationique des champs d'expériences reste indispensable.

5. Rapport $\frac{\text{anions}}{\text{cations}}$ optimum — dose optimum

Les recherches concernant le rapport $\frac{\text{anions}}{\text{cations}}$ optimum et la dose optimum constituent les deuxième et troisième phases de la méthode des variantes systématiques.

Dans chaque essai, les équilibres ioniques optimums établis lors de la première phase (chapitre precedent) restent constants. Seuls varient d'une part, les rapports A/C pour un équilibre ionique et une dose déterminée, et d'autre part, les doses d'engrais appliquées pour un equilibre ionique et un rapport A/C constants.

La variété utilisée dans ces 2e et 3e phases était VORAN.

Les terrains expérimentaux étaient situés à CARLSBOURG et ORVAL.

a) DESCRIPTION DES ESSAIS :

1. *Carlsbourg*

— 1954 (essai n. 4).

Rapports A/C appliqués	*Doses appliquées*
$A_1 = 1.255$	$D_1 = 21.500$ éq. gr/Ha
$A_2 = 1.639$	$D_2 = 27.950$ »
$A_3 = 2.137$	$D_3 = 36.335$ »

TABLEAU VIII

Tableau des Équilibres ioniques constants

N° de l'essai		NO_3	SO_4	PO_4	K	Ca	Mg
	CARLSBOURG						
4	1954	44	28	28	45	24	31
5	1955	35,9	47,8	16,3	24,4	59,4	16,2
9	1956	47,3	25,7	27	30	30	40
	ORVAL						
5	1954	49	27	24	67	16	17
8	1955	40	30	25	28	32	40

Les variations de rendement les plus élevées par rapport au témoin furent observées avec les formules suivantes par ordre décroissant :

$A_3D_3 — A_2D_2 — A_1D_1 — A_1D_3$

A_3D_3 se distingue de A_3D_2 et A_2D_3 avec 1 seuil de probabilité de 0,01.

A_2D_2 se distingue de A_3D_2 et A_2D_3 avec des seuils de probabilité respectifs de 0,20 et 0,10.

A_1D_1 se distingue de A_2D_2 et A_2D_1 avec 1 seuil de probabilité de 0,20.

A_1D_3 se distingue de A_1D_1 et A_2D_3 avec 1 seuil de probabilité de 0,20.

Les résultats indiquent qu'à une faible dose (D_1) correspond favorablement une acidité faible de la fumure (A_1) et vice-versa à une forte dose (D_3) une acidité forte de la fumure (A_3). Il semble qu'une forte acidité de la fumure corrige les effets nocifs d'une dose en excès.

Dans le tableau IX, nous reprenons les variations moyennes de rendement par rapport au témoin (28,4 T/Ha), et les rendements moyens correspondants pour les trois premières formules.

TABLEAU IX

	Variation %	Rendements moyens
A_3D_3	37,86	39,15
A_2D_2	30,00	36,92
A_1D_1	28,57	36,51

Conclusions.

1. Malgré la supériorité de la formule A_3D_3 sur les autres formules, la rentabilité nous paraît précaire, compte tenu de l'action très faiblement significative du facteur « Doses ».

2. La formule A_1D_1 paraît convenir le mieux aux conditions propres à CARLSBOURG

Soient, un rapport A/C = 1,255
et une dose = 21.500 équivalents-gr/Ha.

— 1955 (Essai n. 7)

Dans cet essai, la dose appliquée est restée constante :
25.000 équivalents-gr/Ha.

Les rapports A/C étudiés $\begin{cases} A_1 : 1 \\ A_2 : 1.255 \\ A_3 : 1.575 \\ A_4 : 1.977 \end{cases}$

A_3 se distingue nettement des autres traitements. Le taux d'acidité réclamé est donc plus élevé qu'en 1954. 1,575 contre 1,255. Remarquons aussi que la dose appliquée a été plus forte également : 25.000 contre 21.500 équivalents-gr/Ha. On constate à nouveau qu'une certaine proportionnalité Dose-acidité, reste favorable.

— 1956 (Essai n. 9).

Caractéristiques de cet essai :

Rapports A/C	*Doses appliquées*
$A_1 = 3$	$D_1 = 25.000$ éq. gr/Ha
$A_2 = 1,5$	$D_2 = 31.250$
	$D_3 = 39.060$
	$D_4 = 48.825$

Les variations de rendement les plus élevées par rapport au témoin furent observées avec les formules suivantes (par ordre décroissant)

$A_1D_4 — A_1D_3 — A_2D_3 — A_2D_4 — A_2D_2 — A_2D_1$

Les différences biométriques entre les différentes formules apparaissent de la manière suivante : (voir tableau X)

TABLEAU X

A_1D_4 se distingue de	A_1D_1-A_1D_2 et A_2D_4 avec des seuils de probabilité respectifs de 0,01-0,10 et 0,30	
A_1D_3	A_1D_1-A_1D_2	P = 0,01-et 0,30
A_2D_3	A_2D_2-A_2D_1	0,10-0,20
A_2D_4	A_2D_2-A_2D_1	0,10-0,20
A_1D_2	A_1D_1-A_2D_2	0,05-0,30
A_2D_1	A_1D_1	0,20

Conclusions.

1. Les doses élevées (D_3 et D_4), quoique non différenciées entre elles, se distinguent cependant favorablement des doses plus faibles (D_1 et D_2) d'une manière très hautement significative ($P < 0,01$).

2. Le rapport A/C élevé A_1 ne se différencie pas significativement du faible rapport A/C, A_2.

3. Les valeurs optimales pour cet essai seraient donc :
   — rapport A/C = 1,5
   — Dose optimum = 39.060 éq.gr/Ha.

Dans le tableau XI, nous donnons les variations de rendement observées par rapport au témoin, pour les essais correspondants aux valeurs optimales proposées.

Tableau XI

	A/C	Dose	Variation %
1954	1,255	21,500	28,57%
1955	1,575	25,000	30,46%
1956	1,500	39,060	42 %

Nous constatons :

1. Que le sol de Carlsbourg réclame une fumure d'acidité normale ou le rapport A/C ne dépasse pas 1,5.

2. Que la forte dose appliquée en 1956 (près du double de 1954) a donné les meilleurs résultats. Cela, grâce à un équilibre ionique plus parfait, c'est-à-dire, plus proche des données observées dans la première phase. (Voir tableau VIII).

Nous rejoignons de la sorte un des principes de base de la théorie des variantes systématiques, à savoir, qu'un ion en excès, c'est-à-dire non « contrebalancé », constitue un poison pour la plante. Corollairement, une augmentation de dose en cas de déséquilibre ionique est rapidement néfaste au rendement.

2. *Orval.*

— 1954 *essai* n. 5

Rapports A/C appliqués	*Doses appliquées*
$A_1 = 1,30$	$D_1 = 22.000$.éq.gr/Ha.
$A_2 = 1,69$	$D_2 = 28.600$ »
$A_3 = 2,20$	$D_3 = 37.200$ »

Les variations de rendement les plus élevées par rapport au témoin furent observées avec les formules suivantes par ordre décroissant :

$$A_1D_2 — A_2D_3 — A_2D_1 — A_2D_2.$$

Les différences biométriques entre les différentes formules apparaissent comme suit : voir tableau XII.

TABLEAU XII

A_1D_3 se distingue de		A_1D_1, A_1D_3 et A_3D_2	avec P = 0,01-0,20-,030
A_2D_2	»	A_1D_3, A_3D_3	avec P = 0,20 et 0,30
A_2D_1	»	A_1D_1, A_3D_1	avec P = 0,30 et 0,01
A_1D_3	»	A_1D_1	avec P = 0,05

Conclusions.

1. Nous savons, par une étude biométrique générale sur l'ensemble de ces essais, que les variations des rapports A/C ne donnent pas de différences significatives dans les variations de rendement. Par conséquent, d'après les données du tableau XII, le choix du rapport moyen A = 1,69 (A_2) s'impose comme rapport optimum des anions/cations.

2. Il semble bien aussi qu'une dose moyenne D_2 = 28.600 éq.gr/Ha soit suffisante.

L'augmentation moyenne de rendement par rapport au témoin constatée par la formule A_2D_2 est de 47,1 %. Nous notons une fois de plus que, dans cet essai, les équilibres ioniques appliqués se rapprochaient le plus des conditions optimums révélées lors de la première phase.

Ces résultats confirment donc ce que nous disions à propos des terrains de Carlsbourg, c'est-à-dire, qu'une augmentation de la dose ne se révèle profitable, que lorsque les conditions d'équilibre ionique optimum sont respectées.

— 1955 *essai* n. 8

Dans la première partie de cet essai, seules les doses ont varié.

Le rapport A/C maintenu constant était de 1,1428. Les doses appliquées.

D_1 = 25.000 équivalents, gr/Ha.
D_2 = 31.500 »
D_3 = 33.476 »
D_4 = 35.265 »

La dose D_2 se distingue significativement de D_1 avec une probabilité de 0,05.

Comme il s'agit d'un sol de faible productivité naturelle, nous estimons que la dose optimum réclamée D_2 = 31.500 éq. gr/Ha est due à un rapport A/C particulièrement faible pour un sol de réaction plutôt alcaline.

Dans la seconde partie de cet essai, la dose était fixée à 25.000 équivalents-gr/Ha, les rapports A/C variaient selon six valeurs progressives allant de 1,1428 à 3,0385.

Dans ces conditions, aucune différence significative entre les variations de rendement n'a été constatée pour les différents rapports A/C étudiés. Il semble cependant que le rapport 1,1428 soit trop faible et qu'il ne faille pas descendre en-dessous de 1,40.

Conclusions.

1. Pour un rapport A/C égal à 1,68 nous constatons en 1954 une variation moyenne de rendement par rapport au témoin de 47,1 % (dose : 28.600 éq. gr/Ha) contre 34 % seulement en 1955 (dose : 25.000 éq. gr/Ha). Cette supériorité de l'année 1954 paraît due essentiellement à la prédominance potassique dans l'équilibre cationique.

2. L'acidité de la fumure ne doit pas être trop faible dans un tel sol car la dose devrait être sensiblement augmentée pour en corriger l'effet néfaste sur le rendement.

b) Conclusions générales sur l'étude du rapport A/C optimum et de la dose optimum.

1. Le sol demeure un des facteurs déterminants dans l'obtention d'un rendement optimum. Il conditionne les formules particulières d'équilibre ionique à appliquer. La réaction du milieu, à tendance acide ou alcaline, fixe le rapport anions/cations souhaitable. Ce qui ne constitue pas une difficulté majeure dans la mise au point des formules.

2. Il semble que pour les terrains expérimentés, il ne faille pas s'éloigner trop d'un rapport A/C optimum d'une valeur égale à 1,5.

3. Quant à la dose, qui fixe la rentabilité des fumures, elle peut corriger un effet néfaste d'un rapport A/C trop faible, si on l'applique en forte quantité.

Par contre, si l'équilibre ionique appliqué est trop éloigné des valeurs optimums, une augmentation de la dose aura des effets nuisibles en vertu du principe qu'un ion isolé ou en excès est toxique pour la plante.

Mais, lorsque l'équilibre ionique optimum est réalisé, la dose peut être augmentée sans dommage pour la plante ; si les autres facteurs le permettent, on obtiendra alors les meilleurs rendements.

6. Composition chimique des tubercules (*)

La composition chimique des tubercules (fécule, matières protéiques totales, cellulose, cendres, vitamine C, alcaloïdes, etc...) est essentiellement un caractère variétal.

Cependant, certaines variations, assez rares d'ailleurs, peuvent se produire sous l'influence des facteurs extérieurs comme la fumure par exemple.

a) Fécule et matières protéiques

Dans le tableau XIII nous reprenons les variations moyennes par rapport au témoin des teneurs en fécule et en matières protéiques de plusieurs essais, sous l'influence de traitements à prédominance azotée, sulfatée, phosphatée, potassique, calcique et magnésique.

Afin de mieux dégager les effets de différentes fumures, voyons en particulier deux situations précises.

Orval (1953) : *Essai n.* 1

Il s'agit d'un terrain à tendance alcaline, de très faible productivité naturelle, fortement carencé en potasse.

Les équilibres anioniques et cationiques appliqués sont respectivement :

(NO_3)		(SO_4)		(PO_4)		(K)		(Ca)		(Mg)
41,5	—	32	—	26,5	et	63	—	16,5	—	20,5

On constate : 1. Que par suite de l'application d'engrais le rendement a plus que triplé.

2. Que le traitement à dominance potassique a donné non seulement le meilleur rendement mais aussi des tubercules au taux le plus riche en fécule et le plus pauvre en matières protéiques.

La corrélation (r) entre teneur en fécule et matières protéiques est négative et vaut : 0,80.

Carlsbourg (1957) : *Essai n.* 11

Le terrain expérimenté présente une forte productivité naturelle. La variété étudiée est la variété Gari. Les équilibres anioniques et cationiques appliqués sont :

(NO_3)	(SO_4)	(PO_4)		(K)	(Ca)	(Mg)
50	26	24	et	34,5	35,5	30

On constate :

1. Que l'augmentation moyenne de rendement par rapport au témoin est relativement faible (+ 11,2 %).

(*) Les auteurs remercient vivement M. Lallemand, préparateur-technicien à la Station de Recherches de Libramont, qui s'est chargé de la plus grande partie des analyses.

TABLEAU XIII

Variations des teneurs de fécule et de matières protéiques

	Témoin Composition centésimale		Témoin = 100											
			NO_3		SO_4		PO_4		K		Ca		Mg	
	F	MP	F	MP	F	MP	F	MP	F	MP	F	MP	F	MP
1	16,7%	2,5%	114	104	113	101	116	92,5	**123**	84	105	106	107	98
2	21,1%	2,32%	97	97	97,5	88	101	88	95	92	98	103	95,5	98
3	16,8%	1,53%	—	—	—	—	—	—	96,5	98,5	102	97	103	97,5
6	17,9%	1,89%	96,5	111	97,5	106	96	102	96	102	98	106	95,5	103
10	12,6%	1,86%	95	117	97,5	105	100	113	96	112	97	112	98	111
11	16,5%	1,59N	**87,5**	121	97	101	96,5	101	**91,5**	103	**92**	111	**92**	112
12	17,2%	1,57%	97,5	114	101	101	97,5	100	97,5	106	100	108	100	105

F = Fécule
MP = Matières protéiques totales
Chiffres gras = Résultats remarquables

2. Qu'un excès cationique quelconque (Voir tableau XIII) est particulièrement nuisible à la production de fécule.

3. Que l'excès azoté a eu pour conséquences : une forte augmentation de la teneur en matières protéiques (+ 20 %) et une chute assez sensible de la teneur en fécule (— 12,5 %).

4. La corrélation (r) entre teneur en fécule et teneur en matières protéiques est toujours négative et vaut : 0,85.

Conclusions.

1. *L'application d'engrais* sur les terrains expérimentés provoque généralement une augmentation sensible du rendement en tubercules à l'hectare. Cette augmentation de rendement est souvent accompagnée d'une chute de la teneur en fécule de l'ordre de 3 à 5 % par rapport au témoin et d'une augmentation de la teneur en matières protéiques qui peut aller de 10 à 20 % par rapport au témoin.

L'étude des corrélations (r) entre % fécule et % matières protéiques montre toujours une valeur négative traduisant bien les variations inverses de ces deux produits.

2. Dans un terrain de forte productivité naturelle,l'azote est favorable à l'augmentation de rendement et à la production de matieres protéiques mais défavorable à la production de fécule (r = 0,70).

Dans un terrain de faible productivité naturelle, une bonne application d'azote favorise simultanement l'augmentation de rendement et la production de *fécule* alors que le taux en protéines se trouve peu modifié.

3. Compte tenu d'expériences antérieures et ceci confirmant pleinement cela, un *excès* d'azote peut nuire au rendement ; une variation de + 20 % du taux en proteines constitue pratiquement une preuve extérieure de cet excès, immanquablement accompagné d'une chute de rendement.

b) Cendres.

Les teneurs en cendres sont peu influencées par les variations de fumure. Elles sont comprises entre 0,75 et 0,85 %. Les taux les plus bas ont été observés à Orval : ± 0,60 %.

c) Indosé.

Sous ce terme, nous comprenons : cellulose, sucres totaux, vitamine C et solanine.

Les teneurs oscillent autour de 2 %.

Il semble qu'une variete essentiellement culinaire puisse descendre sensiblement en-dessous de cette valeur tandis qu'une variete fourragere pourrait la dépasser aisément.

Chiffres moyens obtenus.

GAUMAISE : Variété culinaire : 1,53 %
VORAN : Variété fourragère : 2,35 %
GARI : Variété à deux fins : 2,01 %

7. Poids moyen des tubercules

Nous pouvons considérer le poids moyen des tubercules comme une expression du calibre moyen puisque la densité varie très peu.

Dans le tableau XIV, nous reprenons les variations moyennes du poids des tubercules par rapport au témoin sous l'influence de fumures à prédominances déjà citées.

TABLEAU XIV

Essais	T	Témoin = 100						Moyennes :
		NO^3	SO^4	PO^4	K	Ca	Mg	
1.	28,4 gr	183	155	160	215	117	132	160
2.	66,5 gr	115	105	109	142	93	115	113
3.	38,6 gr	—	—	—	120	115	120	117
6.	76,5 gr	100	105	105	113	93	94	101
10.	65 gr	99	100	106	101	109	97	102
11.	97 gr	109	105	98	117	111	83	104
12.	52,5 gr	119	110	111	125	123	121	118
Moyennes :		121	113	115	133	109	109	

On constate :

1. Que l'application d'engrais favorise l'obtention de tubercules de gros calibre (Variation moyenne générale + 16 %). Le calcium et plus souvent le magnésium sont les moins favorables au calibre et peuvent même provoquer une diminution par rapport au témoin.

2. Que le potassium constitue indubitablement un facteur favorable à l'apparition de gros calibre. (Variation moyenne par rapport au témoin = + 33 %).

3. Que le facteur SOL a une incidence primordiale sur le poids moyen des tubercules.

Exemples :

— pour la variété VORAN, Carlsbourg l'emporte nettement sur Orval. (66,5 et 76 gr contre 28,4 et 38,6 gr).

— pour la variété GARI, Carlsbourg l'emporte également sur Strée. (97 gr contre 52,5 gr).

8. Le facteur sol dans l'application en pleins champs de la théorie des variantes systématiques

Dans les chapitres précédents, nous avons noté à plusieurs reprises l'influence fondamentale de la nature du sol sur l'obtention des rendements.

Citons :

a. Un site restreint (Carlsbourg ou Orval) peut présenter des terrains de fertilité variable, déficients, moyennement fertiles ou fertiles. (p.396).

b. Les exigences cationiques de la pomme de terre peuvent être liées, dans certains cas, à la nature du substrat. (p. 399).

c. Le sol reste un facteur déterminant dans l'étude du rapport A/C optimum et dans l'étude de la dose optimum. (p. 405).

d. Le facteur sol a une incidence primordiale sur le poids moyen des tubercules. (p. 409).

Dans la partie suivante de notre travail, après avoir rappelé le concept d'HOMÈS sur la question, nous traiterons plus particulièrement de l'influence réciproque des sols et des fumures sur les variations de rendement et des modifications chimiques intervenues dans un même sol après fumure et récolte.

a) CONCEPT D'HOMÈS.

C'est grâce à l'aquiculture que M. V. HOMÈS a pu établir sa théorie des variantes systématiques. Contrôlant parfaitement les solutions nutritives ainsi que le support (sable pur ou gravier), il a pu mettre en évidence, d'une manière plus péremptoire, les lois originales de la théorie.

Son application en plein champ sur de vrais sols devait exiger de nouveaux développements. En 1954, HOMÈS, VAN SCHOOR et ANSIAUX (8) expliquent la manière de résoudre ce problème.

Il faut en effet tenir compte de l'apport du sol lui-même dans la formulation des équilibres optimums pour les engrais à ajouter.

Par exemple, si on considère deux cations K et Ca on sait qu'en milieu pur les proportions optimums de ces cations sont données par : $\frac{K}{Ca} = \frac{Rk}{RCa}$

Rk et RCa étant les rendements obtenus.

Mais sur le terrain, il faudra tenir compte de l'apport du sol x' pour K et y' pour Ca.

Les valeurs réelles à ajouter deviennent K' = K — x' et Ca' = Ca — y'.

Les auteurs ont pu établir, *avec une approximation suffisante eu égard au but poursuivi*, qu'ils avaient la relation :

$$\frac{K'}{Ca'} = \frac{Rk - T}{RCa - T}$$

T étant un terme correctif, valant : T = F. Rm

$$\text{avec } Rm = \frac{Rk + RCa}{2}$$

Il reste à déterminer F pour résoudre ces équations. Après avoir développé certaines considérations, les auteurs proposent pour F la valeur suivante :

$$F = \frac{1}{1 + \frac{E}{x+y} - \frac{RT}{Rm}}$$

ou E = quantité d'éléments apportée par l'engrais.

x et y = quantité d'éléments apportée par le sol en l'absence d'engrais (parcelle témoin).

RT = rendement de la parcelle témoin.

Rm = rendement moyen $= \frac{Rk + RCa}{2}$

En substrat pur : F = O.

En substrat excessivement riche : F = 1.

L'extension de ces considérations à plusieurs cations ou anions est dès lors très aisée.

Remarquons que, malgré la précision des formules proposées, les valeurs de F ne sont déterminées que d'une manière empirique. C'est ainsi que les auteurs préconisent les valeurs suivantes selon les terrains expérimentés.

Substrat inerte :	F = O
Sable expérimental :	F = 0,50 à 0,1
Sable expérimental de qualité moyenne :	F = 0,1 à 0,2
Sol de plateau (Yangambi-Congo belge)	F = 0,3 à 0,4
Sol de Hesbaye (limon)	F = 0,7 à 0,8
Sol de Carlsbourg	F = 0,7

Pratiquement, en sol de fertilité moyenne, on peut utiliser 0,5 ou 0,6 sans inconvénient grave.

On peut remarquer que le facteur F exprimé de cette façon :

1. Contient la notion d'une certaine immuabilité de sa valeur pour un sol donné.

2. Manque de spécificité ionique.

Dans les études qui vont suivre, nous avons tenté de mettre en évidence :

1. Les réactions spécifiques de sols donnés et de traitements à prédominance ionique déterminée (K, Ca...) sur les variations de rendements.

2. Les modifications chimiques intervenues dans un même sol par l'application de traitements à prédominance ionique déterminée (K, Ca...) après une saison culturale.

b) Réactions spécifiques de sols donnés et de traitements différenciés sur les variations de rendements.

On peut résoudre biométriquement ce problème par l'analyse de la variance avec interaction (11). Les origines des variations sont ainsi portées à cinq, à savoir : Blocs-Fumures-Stations [Interaction-Station · Fumures], et enfin, l'Erreur résiduelle. L'interaction Stations × Fumures traduit précisément le phénomène que nous voulons mettre en évidence.

Cette étude a porté concrètement sur les parcelles de Carlsbourg (1953) et d'Orval (1953). Ces deux stations se différencient essentiellement l'une de l'autre au point de vue de la nature de la roche-mère. Le terrain de Carlsbourg est constitué de colluvions mixtes du type ardennais tandis que celui d'Orval est constitué d'alluvions récentes.

La variété de pommes de terre utilisée dans les deux cas était Voran.

Les résultats sont résumés dans le tableau d'analyse de la variance XV.

Tableau XV

Analyse de la Variance

Origines de la variation	Somme des carrés	Degrés de liberté	Variances	F. calculés	F. théoriques 0,01
Blocs (B)	655.535	9	72.837	14.50	3.17
Traitements (T)	361.408	5	72.282	14.39	3.70
Stations (S)	653.380	1	653.380	130.05	7.56
Interaction T × S	298.046	5	59.609	11.86	3.70
Erreur	226.102	45	5.024	—	—
Totale	2.194.471	64			

Conclusions :

1. Il apparaît que tous les facteurs de variation sont hautement significatifs.

2. L'interaction traitements × stations est elle-même hautement significative. Elle nous indique bien l'action particulière et spécifique des fumures appliquées sur les deux milieux étudiés (Carlsbourg et Orval). C'est bien le fait que nous voulions mettre en évidence.

Dans le paragraphe suivant, nous verrons pour deux cas bien précis dans quel sens ces milieux seront influencés par les fumures appliquées.

c) Modifications chimiques intervenues dans un même sol par l'application de traitements a prédominance ionique déterminée (K, Ca...) après une saison culturale.

Le problème consiste à voir si les teneurs d'un extrait de sol en un élément donné ont varié d'une manière significative sous l'influence simultanée de l'application d'engrais et de la culture de la pomme de terre pendant une saison.

L'extraction des sols avec le réactif Van den Hende (Acétate ammonique à pH 4,8) représente suffisamment les conditions d'équilibre physico-chimique de ces sols.

Nous avons déjà utilisé avec succès ce réactif pour nos champs d'expérience (1). D'autre part, nous avons utilisé le mode d'échantillonnage suivant : dans chaque parcelle, on a pris, avant l'application d'engrais et après la récolte des pommes de terre, un échantillon moyen de la couche arable. Cet échantillon moyen est constitué de 5 échantillons individuels pris en quinconce. Les particularités de cet échantillonnage ont été décrites par ailleurs (2).

On peut résoudre ce problème par l'analyse de la covariance (11). Celle-ci utilise les principes de l'analyse de la variance et la théorie de la régression. Elle permet de tenir compte de certains facteurs de variation qui n'ont pu être compris dans le dispositif expérimental, ni maintenus constants au cours de l'expérience.

Le problème peut s'énoncer sous la forme suivante : Quels résultats aurait-on obtenus si le facteur contrôlé (conditions physico-chimiques du sol avant l'expérience) avait pu être maintenu constant? Dans cette hypothèse, les différences constatées entre traitements sont-elles encore significatives?

Le mode opératoire consiste donc à faire :

1. Une analyse de la variance sur les valeurs avant l'expérience (x).
2. Une analyse de la variance sur les valeurs après l'expérience (y).

3. Une analyse de la covariance x y tout en vérifiant si la régression x y (b) est significative.

4. Une analyse de la variance des données corrigées de la régression.

Les propriétés générales des deux stations étudiées sont reprises dans le tableau XVI.

TABLEAU XVI

Strée	Carlsbourg
Argile : 7,1 % à 17 % (en 3 zones)	Argile : 8,5 % (homogène)
pH eau : 7,5 à 8	pH eau : 6,5
Humus : 1,5 %	Humus : 4,5%
P_2O_5 : 3,99mg/100g	P_2O_5 : 1,82mg/100g
K_2O : 13,88	K^2O : 19,70
CaO : 579	CaO : 270
MgO : 34	MgO : 13

Nos déterminations ont porté sur les terrains de Carlsbourg et de Strée et sur les éléments suivants :

phosphore, potassium, calcium et magnésium.

Nous ne rapportons pas le détail des nombreuses opérations que comporte cette étude. Dans le tableau XVII nous en consignons les principaux résultats.

Remarques :

1. La dominance des traitements est toujours azotée, sulfatée, phosphatée, potassique, calcique et magnésique.

2. Les symboles H. s., s. et n.s. traduisent des différences entre traitements hautement significatives (H.s.) significatives (s.) et non significatives (n.s.).

3. Les valeurs Y'K, Y'P, Y'Ca, Y'Mg, Y'Te dans l'étude de l'élément potassium à Carlsbourg sont les nouvelles moyennes obtenues après l'analyse de la variance sur les valeurs corrigées tenant compte de la haute signification de la régression dans ce cas particulier.

Conclusions :

1. Homogénéité des parcelles

Les différences entre traitements avant l'expérience (Valeurs ×) sont toujours non-significatives. Ce qui est logique puisque réellement, à ce moment, aucun traitement n'a été appliqué ; seul l'emplacement des parcelles a été délimité.

De cette non-signification, il résulte donc que les parcelles expérimentales ont été convenablement choisies et présentent une homogénéité suffisante quant à la répartition des éléments extraits étudiés.

2. Influence des fumures sur les réserves nutritives indiquées par le réactif.

A Carlsbourg, les traitements à prédominance potassique et magnésique ont influencé significativement le milieu physico-chimique de leurs parcelles respectives ; tandis que les traitements à prédominance phosphatée et calcique sont restés sans action.

A Strée, seul le traitement à prédominance potassique a eu une action significative. Signalons cependant que le traitement à prédominance magnésique frise le degré de signification. La part importante due à l'erreur expérimentale a sans doute masqué partiellement l'action particulière de ce traitement.

Nous avions déjà remarqué une influence remarquablement importante des fumures différenciatrices sur des parcelles d'essais après une période assez longue (48 ans) (1). Nous constatons aussi que, même à brève échéance (3 à 4 mois), cette action est significative pour certains éléments tels que le potassium et le magnésium. Ceux-ci peuvent influencer le facteur correctif F dans l'étude des variantes systématiques en plein champ.

3. Les résultats identiques étant obtenus sur deux milieux physico-chimiques différents (Strée : loess ; Carlsbourg : colluvions mixtes ardennaises), il semble qu'à brève échéance, l'action différenciatrice soit plutôt liée à la nature de l'élément étudié, qu'à la nature du substrat.

Remarquons cependant que si l'évolution se fait dans le même sens dans les deux sites expérimentés, l'intensité du phénomène varie selon le milieu comme l'illustre le tableau XVIII.

Tableau XVIII

	K_2O		MgO	
	avant	après	avant	après
Carlsbourg	19,26	33,94	13,3	19,4
Strée	14,34	15,98	31,57	36,04

Résultats exprimés en mg/100 gr de sol.
L'enrichissement en K_2O et en MgO est proportionnellement plus important à Carlsbourg qu'à Strée.

TABLEAU XVII

	Éléments	Analyse de la variance des X	Régression X Y	Analyse de la variance des y	Ordre des moyennes
CARLSBOURG	Phosphore	n.s.	b = 0,383 (n.s.)	n.s.	—
	Potassium	n.s.	b = 0,961 (H.S.)	H.s.	Y'K > Y'P, Y'Ca,'Y'Mg,'Y'Te = =
	Calcium	n.s.	b = 0,562 (n.s.)	n.s.	—
	Magnésium	n.s.	b = 0,390(n.s.)	H.s.	Y Mg > YP, Y Ca, YK, Y Te
STREE	Phosphore	n.s.	b = 0,06 (n.s.)	n.s.	—
	Potassium	n.s.	b = 0,104(n.s.)	H.s.	YK > YP,Y Mg, Yla, YTe =
	Calcium	n.s.	n.s.	n.s.	—
	Magnésium	n.s.	n.s.	n.s.	—

4. Tenant compte de l'interaction positive Stations X Fumures sur les rendements et des modifications quantitatives de certaines propriétés du milieu édaphique imposées par les fumures, nous pouvons déjà conclure, en attendant d'autres développements, que toute étude de la nutrition minérale des plantes dans des sols naturels doit tenir compte d'une manière précise et spécifique des actions réciproques entre les terrains expérimentés et les fumures appliquées.

BIBLIOGRAPHIE

1 HANOTIAUX, G. 1959. Étude statistique sur l'évolution du phosphore et du potassium dans les parcelles d'essais. *Zeits. Pfl. Düng. Bodenkunde*, Band 84 (129) Heft 1-3, 258-264.

2. HANOTIAUX, G. 1959. Quelques problèmes d'échantillonnage des sols en vue de l'analyse chimique. *Pédologie*, IX, 54-66, Gand.

3. HOMÈS, M. V. 1949. L'alimentation minérale du palmier à huile, *Elaeis guineensis* Jacq, Public. INEAC, ser. scient., n° 39.

4. HOMÈS, M. V. 1951. L'alimentation minérale des végétaux. *Bull. Soc. Roy. Bot. Belge*, LXXXIV, pp. 101-122.

5. HOMÈS, M. V. et VAN SCHOOR G. B. J. 1952. L'alimentation minérale de végétaux. *Bull. Soc. Roy. Bot. Belge*, LXXXV, pp. 135-46.

6. HOMÈS, M. V. 1953. L'alimentation minérale du cacaoyer (*Théobroma Cacao* L.) Public. INEAC. sér. scient. n° 58.

7. HOMÈS, M. V. 1953. Alimentation minérale des plantes et le problème des engrais chimiques. Liège : Sciences et Lettres. Paris : Masson.

(8) HOMÈS, M. V., VAN SCHOOR, et G. ANSIAUX, J. R. 1952. Détermination de la fumure en champs par la méthode des variantes systématiques. *V^e congr. Inst. Sc. Sol*, Léopoldville. Vol. III. 322-331.

9. HOMÈS, M. V., ANSIAUX, J. R. et VAN SCHOOR C. 1955. La méthode des variantes systématiques. *C.R. V^e Congr. Int. Sci. Sol*, Léopoldville.

10. MARTENS, P. 1958. La formulation des engrais chimiques par le calcul équivalent. *Annales de Gx*, 3^e trimestre.

11. VESSEREAU, A. 1948. Méthodes statistiques en biologie et en Agronomie. Lib. J. B. Baillière et Fils. Paris.

CHAIRE DE ZOOLOGIE ET D'ENTOMOLOGIE FORESTIÈRES

La ponte et l'indice sexuel chez *Rhyacionia buoliana* Schiff (*)

(MICROL. TORTRICIDAE) (**)

par Gaston Pierrard et Raymond Baurant

Rhyacionia buoliana Schiff., souvent appelé « Pyrale des pousses », est un ennemi bien connu des pins. Les dégâts de cet insecte, spectaculaires certaines années dans divers pays, ont fréquemment attiré l'attention des entomologistes économiques et ont donné lieu à une bibliographie assez abondante ; la littérature de la dernière décade est cependant moins fournie à son sujet.

L'examen soigneux de l'ensemble des publications traitant de la pyrale des pousses montre qu'une synthèse ne peut être tirée en matière de ponte de l'insecte ; les renseignements sont très souvent incomplets et parfois même contradictoires.

Les endroits recherchés par les pondeuses pour y déposer leurs œufs ainsi que les particularités éthologiques propres aux premiers stades larvaires sont souvent imparfaitement précisés et beaucoup d'articles n'en parlent même pas. Or, pour pouvoir discuter des modalités d'une lutte rationnelle, il faut nécessairement connaître les caractéristiques de la ponte et celles de l'évolution des jeunes larves.

Dans cette première relation sur *R. buoliana*, nous rapporterons simplement les observations que nous avons faites sur la ponte et la proportion des sexes dans l'Ouest de la province de Namur, pour les comparer aux renseignements fournis par la littérature. Par des travaux ultérieurs, nous préciserons l'éthologie des jeunes larves et enfin, à la lumière des points acquis, nous tirerons un enseignement en matière de technique de protection des pineraies.

(*) Déposé à la rédaction le 16 décembre 1960.

(**) *Tortrix* (*Coccyx*) *buoliana* F. ; *Retinia buoliana* W. V. ; *Grapholita buoliana* Schiff. ; *Evetria buoliana* Schiff..

Renseignements bibliographiques

a) Le nombre d'oeufs.

Par des élevages en cages, Gasow (9) a déterminé le chiffre 62 comme maximum d'œufs que pouvait déposer une seule femelle. Brooks et Brown (1) signalent qu'au cours des trois semaines pendant lesquelles peuvent vivre les femelles en laboratoire, celles-ci pondent une moyenne de 74,5 œufs. Ces auteurs les ont vus déposés isolément ou groupés par deux ou trois, en conditions expérimentales. Friend et West (8) ont obtenu un maximum de 210 œufs par ponte ; ayant en outre disséqué une femelle, ils ont constaté que les ovaires pouvaient en former 480. Pour Friend, Plumb et Higoch (7), le minimum par ponte serait de 11 œufs et le maximum de 203, avec une moyenne de 134 ($\pm$: 12,5) ; en fin de période de ponte, les gaines ovariennes pourraient encore contenir 134 ($\pm$: 17) œufs à l'état d'ébauche ; ces mêmes auteurs ont aussi constaté qu'avant la période d'activité génitale, une femelle contenait en puissance un maximum de 590 œufs.

b) Localisation des pontes.

En ce qui concerne les endroits de ponte, les divers observateurs signalent ce qui suit. Ratzeburg (11) suppose que les œufs sont déposés entre les bourgeons ; il étaye son hypothèse en disant qu'une chenille, d'une aussi petite taille à l'éclosion que celle de *R. buoliana*, « ne peut certes se déplacer d'un pouce » pour atteindre l'endroit où elle doit évoluer, c'est-à-dire le bourgeon lui-même. Gasow (9), au contraire, déclare que les œufs sont pondus isolément et sont séparés les uns des autres par des distances plus ou moins grandes ; il précise que cette distance fut de 2,5 mm. minimum et que la ponte a lieu sur un groupe de bourgeons ou à proximité de ceux-ci : sur une gaine d'aiguilles (le plus fréquemment) ou sur l'aiguille elle-même (très rare) ; il aurait constaté que la distance la plus importante entre un œuf et le groupe de bourgeons le plus voisin était de 3,5 cm. Pour Brooks et Brown (1), les œufs sont placés sur l'écorce des jeunes pousses non aoûtées, particulièrement sur les arbres dominants. De Gryse (6) dit qu'ils sont déposés isolément ou par groupes, habituellement à la partie inférieure des jeunes pousses, à quelques distances des bourgeons et parfois sur les aiguilles des années précédentes. Friend et West (8) ont noté que sur *Pinus resinosa* et en conditions favorables, la ponte a lieu sur les rameaux voisins du sommet de l'arbre et sur les aiguilles. Butovitsch (3) indique qu'elle s'effectue de préférence sur les bourgeons médians d'un bouquet, plutôt que sur les latéraux mais tout spécialement dans les parties les plus « exposées » de la couronne. Comallongue et Bardia (5) déclarent au

contraire qu'elles se situent sur les bourgeons latéraux ainsi que sur les terminaux. Zocchi (13) à la suite d'observations faites en laboratoire et en forêt, dénombre la plupart des œufs sur la face interne des aiguilles ; ils y seraient déposés par groupes de 2 à 5 mais il reconnaît aussi l'existence d'œufs isolés. Stearns (12) d'une part et Cameron (4) d'autre part, rapportent que la femelle pond près des sommets des rameaux, sur les aiguilles et sur les jeunes pousses.

c) Description de l'oeuf.

Gasow (9) le décrit comme étant de forme arrondie, légèrement allongée, le dessous est plat et le dessus bombé. Il a noté que, fraîchement pondu et non fécondé, il est jaune clair ; si au contraire il est fécondé, il brunit progressivement et prend une teinte fortement ressemblante à celle du bourgeon au mois de juillet. L'œuf, ajoute cet auteur, se décèle très difficilement lorsqu'il est placé sur les aiguilles ou sur les gaines foliaires dont la teinte est fort semblable à la sienne ; son aspect se modifie au fur et à mesure de l'avancement du développement embryonnaire : peu de temps avant l'eclosion,on voit apparaître, au travers de la coque, la tête et l'écusson thoracique de la jeune larve.

Gasow (*op. cit.*) fournit les dimensions des œufs ; ils ont, dit-il, de 0,9 mm à 1,3 mm sur 0,65 à 0,85 mm. Camallongue et Bardia (5) disent simplement 0,5 à 0,7 mm de diamètre.

d) Incubation.

Miller et Neiswander (10) précisent que dans l'Ohio, l'incubation dure 9 jours environ. De Gryse, au Canada, déclare qu'elle est de 10 à 18 jours ; Zocchi (13), en Toscane, dit qu'elle dure plus d'une semaine.

Observations faites en Belgique

a) Les différents milieux d'étude.

Nos observations furent faites dans divers milieux.

1) Elles ont tout d'abord été menées en laboratoire où du matériel sain et contaminé pouvait être facilement et soigneusement examiné et être soumis à des températures et humidités relatives différentes. Les échantillons provenaient de pins cultivés en arboretum ; il s'agissait de *Pinus contorta var. latifolia* (*murrayana*), espèce particulièrement recherchée par l'insecte. Ces arbres, très déformés d'ailleurs, présentent chaque année de fort nombreuses attaques de *R. buoliana.*

2) Nous avons aussi observé l'insecte à l'extérieur : d'une part, dans la parcelle à pins de Murray dont il vient d'être question, d'autre part, dans

une jeune pineraie de *Pinus sylvestris* installée sur le territoire de la commune de Vitrival. Dans le premier endroit, nous avons suivi l'insecte évoluant dans des conditions naturelles, propres au milieu considéré ; mais, nous y avons également lâché de nombreux papillons issus d'élevage en laboratoire ; il existait donc dans cette parcelle une abondante population fort intéressante pour nos observations. En ce même endroit, nous avons en outre emprisonné des adultes dans des cylindres en matière plastique transparente, fermés à leurs extrémités au moyen de gaze légère et dont le diamètre était de 25 cm., et la longueur de 50 cm. Ces cylindres encageaient une extrémité de rameau de pin maintenu dans sa position naturelle ; c'est ainsi que les cages étaient fixées sur une planchette en bois, clouée à hauteur voulue sur un piquet fiché en terre ; les cylindres étaient inclinés à 45° de façon à éviter la surchauffe de l'atmosphère sous l'action du soleil ainsi que l'accumulation des eaux de pluie et les condensations de vapeurs à l'intérieur des cages. Les branches de pin emprisonnées avaient trois années d'âge et possédaient donc des aiguilles et écorces de nature différente sur lesquelles les femelles pouvaient exercer leur choix pour la ponte. La transparence de la matière plastique permettait des observations commodes, specialement pour la surveillance des accouplements, des pontes et des modifications d'aspect des œufs au cours de leur développement. Corrélativement à ces travaux menés sur pins de Murray qui étaient situés à proximité immédiate du laboratoire, nous prospections régulièrement la plantation de Vitrival ; il s'agissait de pins âgés de 5 à 6 ans dont la taille variait de 80 à 175 cm ; c'est un peuplement qui présente de nombreux vides dûs aux attaques précoces de l'insecte et qui se situe sur un versant exposé à l'ouest, dans une contrée dont l'altitude est de 230 m.

b) Les observations.

Pendant le jour, les adultes, mâles ou femelles que l'on peut rencontrer chez nous de mai à juillet, restent en général immobiles sur les aiguilles des pousses de l'année, la tête toujours dirigée vers l'extrémité du rameau.

La période de maturation sexuelle est relativement courte, quelles que soient les conditions du milieu. En effet, en laboratoire comme à l'extérieur (cylindre en matière plastique), il fallut toujours attendre deux jours après l'éclosion imaginale pour obtenir la première ponte.

La prognose entomologique repose notamment sur la connaissance de l'indice sexuel ou proportion des sexes au sein d'une population. Étudiant à ce point de vue *R. resinella* L., Broussier (2) avait antérieurement mis en évidence au même laboratoire que celui où furent menés nos travaux, un caractère morphologique larvaire permettant de dénombrer les mâles, dès lors de fixer la proportion des sexes. La chenille de *R. buoliana* ne présente jamais au cours de sa croissance le nodule violacé, dorsalement

placé, que sont les ébauches des organes sexuels du futur mâle et observé par BROUSSIER sur *R. resinella*.

C'est pourquoi nous avons dû examiner les nymphes qui, au point de vue qui nous occupe, sont très significatives par leur aspect et facilement identifiables. Le segment anal d'une chrysalide devant donner naissance à un mâle présente, sur sa face ventrale, exactement au-dessus de l'anus, une petite fente portant sur chacun de ses côtés une protubérance jaune. Chez la femelle, c'est l'antépénultième segment qui porte cette fente, celle-ci s'étendant sur toute la longueur de l'anneau ; en outre, les bords antérieur et postérieur de ce segment s'incurvent de façon caractéristique. C'est ainsi qu'un œil quelque peu exercé peut déceler immédiatement et avec certitude le sexe de l'imago qui éclora de la chrysalide considérée.

Nous basant sur ces caractères morphologiques solides, nous avons déterminé la proportion des sexes d'une population imaginale future en examinant des nymphes récoltées en pinèdes. Les insectes furent prélevés à différentes hauteurs sur des pins pris au hasard. Il nous fut permis de constater régulièrement la présence de trois femelles pour deux mâles.

Il reste maintenant à préciser la localisation constatée des pontes ainsi que les variations d'aspect que subit l'œuf en cours d'évolution.

En laboratoire, emprisonnées dans des boîtes de Pétri ou dans des cages vitrées de 40 × 20 × 20 cm avec gaze d'aération, les femelles pondent sur les deux faces des aiguilles, sur l'écorce des rameaux et sur les parois de verre. Dans les cylindres en plastique placés dans notre petite parcelle de pins de Murray, si quelques œufs furent déposés sur les tubes transparents et sur les bourgeons, beaucoup d'entre eux s'observaient sur l'écorce de rameaux de l'année ou âgés de un ou deux ans, avec cependant un maximum sur la face ventrale des aiguilles de moins de deux ans.

A proximité immédiate de nos cages en plastique, c'est-à-dire dans la même parcelle où, avons-nous dit, nous avions renforcé artificiellement la population imaginale de *Rhyacionia*, les œufs ont été pondus sur des aiguilles d'âges divers mais toujours à la face ventrale de celles-ci ; nous en avons également notés sur l'écorce de rameaux de différents âges et, une fois, sur tronc.

En pleins champs, dans la pinière de Vitrival, les endroits de ponte ont été les suivants : la majorité des œufs furent dénombrés soit sur les aiguilles (toujours face ventrale) soit sur l'écorce des rameaux (portion âgée de moins d'un an) ; quelques œufs ont cependant été observés sur bois de deuxième année. Nous n'avons jamais vu d'œufs placés sur bourgeons et la distance entre l'œuf et le bourgeon terminal le plus proche varia entre 6 et 34 cm.

Souvent les œufs sont groupés en nombre variable, en série continue ou discontinue. Les groupes peuvent être constitués par des œufs qui se

superposent sur 1/1 de leur surface environ ; ces ensembles comptent habituellement 3 à 4 unités, quoique nous ayions pu en dénombrer jusqu'à 12 et même 18 dans des séries linéaires, collées sur aiguille. On peut donc constater des groupes d'œufs placés linéraiement ou en groupe. On observe en outre des œufs isolés, soit sur aiguille soit sur écorce. Dans aucun cas, nous n'avons pu en voir sur gaines foliaires, contrairement à l'affirmation de Gasow (*op. cit.*).

Groupe d'œufs sur la face ventrale d'une aiguille.

L'œuf fraîchement pondu est de couleur jaune clair, liseré de blanc hyalin. Cette coloration foncière évolue lentement vers une teinte blanchâtre dans le cas d'œufs non fécondés. Le jaune clair des œufs fécondés vire au brun 2 à 4 jours après la ponte ; à ce moment, les œufs sont nettement moins visibles sur les rameaux ; sur les feuilles cependant, ils tranchent nettement et leur présence se décèle facilement.

Une semaine environ avant l'éclosion, les œufs deviennent d'un brun translucide marqué d'une tache noire ; celle-ci correspond à la coloration très foncée de la capsule céphalique et de la plaque thoracique de la jeune larve déjà développée. Dans les tout derniers jours qui précèdent l'éclosion, la chenille entière est bien visible ; sous la transparence du chorion, le corps de l'insecte apparaît sous la forme d'un U dont l'inégalité des branches est nettement perceptible ; la tête de la larve se situe au sommet de la branche la plus longue.

En pleins champs (parcelle de pins de Murray), la durée d'incubation a varié entre 17 et 29 jours ; des œufs de même âge, issus d'un même géniteur femelle et pondus au même endroit, peuvent présenter une différence de 5 jours dans la durée de la période totale du développement embryonnaire.

Réflexions

Si l'on s'en rapporte aux données bibliographiques, on est frappé par l'hétérogénéité des renseignements fournis. Il est vraisemblable que la confusion et l'imprécision existant au sujet de la localisation des pontes se justifient d'une part par la difficulté de découvrir les œufs et d'autre part par les modifications de teinte que ceux-ci subissent peu de temps après leur dépôt qui se fait sur des substrats de structure et de coloration différentes (aiguilles et écorces) ; en outre, il est possible que les conditions écologiques des pays où ont été menés les travaux puissent être, dans une certaine mesure, la cause des divergences de vue constatées chez les divers chercheurs.

Néanmoins, certaines observations et tout spécialement celles de De Gryse (Canada) concordent parfaitement avec les nôtres, faites sur pin sylvestre et pin de Murray ; nous leur attribuons, dès lors une valeur d'exactitude toute particulière.

Résumé

Les observations faites en Moyenne Belgique, par les auteurs, précisent les points suivants :

a) *Rhyacionia buoliana* Schiff. subit une période de maturation sexuelle de deux jours maximum après l'apparition imaginale.

b) Dans une population d'insectes imaginaux, il existe 2 mâles pour 3 femelles.

c) Les œufs, souvent groupés, sont pondus principalement sur la face ventrale des aiguilles et sur l'écorce des pousses de l'année.

d) En pleins champs et pour la région considérée, la période d'incubation a varié entre 17 et 29 jours.

Les auteurs décrivent en outre les variations de teinte subies par l'œuf au cours de son développement.

BIBLIOGRAPHIE

(1) Brooks C. C. et Brown J. M. B. 1936. Studies on the Pine Shoot Moth (*Evetria buoliana* Schiff.) *Bull. For. Comm.*, n. 16, London.

(2) Broussier M. 1956. La Différenciation sexuelle au stade larvaire chez *Rhyacionia* (*Evetria*) *resinella* L. (Tortricidae). *Bull. Inst. Agron. et des Stat. Rech. Gembloux*, XXIV, n. 4, pp. 533-535.

(3) Butovitsch V. 1936. Studier over tallskottvecklaren, *Evetria buoliana* Schiff. Del I. *Medd. Skogfiörsöksants*, 29 n. 5, pp. 471-556, Stockholm.

(4) Cameron A. E. 1939. Insect and other pests of 1938. *Trans. Highl. Agric. Scot.*, 40 pp. Edinburgh.

(5) Vives Comallongue J. L. et Bardia Bardia R. 1948. La *Evetria* (*Tortrix*, *Retinia*) *buoliana* Schiff solu *Pinus insignis* Douglas. *Publ. Inst. Bol. Apl.* V (1949), pp. 113-121, Barcelona.

(6) De Gryse J. J. Notes on the early Stages of the European Pine Shoot Moth, *Canad. Ent.*, LXIV, n. 8, pp. 169-173, Orilla, Ont., August 1932.
(7) Friend R. B., Plumb G. H. et Hicock H. W. 1938. Notes on the European Pine Shoot Moth in Connecticut. *J. Econ. Ent.* 31 n. 4 pp. 506-613. Menasha, Wis.
(8) Friend R. B. et West A.S. 1933. The European Pine Shoot Moth (*Rhyacionia buoliana* Schiff) with special reference to its occurence in the Eli Whitney Forest. *Bull. Sch. For, Yale Univ.* n. 37 ; v + 65 pp., New Haven, Conn.
(9) Gasow H. 1925. Eine neue biologische Grundlage für Versuche zur Bekämpfung des Kiefernknospentriebwicklers (*Evetria buoliana* Schiff.) *Nachr. f. d. dtsch. Pflanzensch.* v, n. 1, p. 5, Berlin.
10. Miller W. E. et Neiswander R. B. 1945. The Biology and Control of the European Pine Shoot Moth. *Res. Bull. Ohio, Agric. Exp.* Sta., n. 760, 31 pp., Wooster, Ohio.
11. Ratzeburg I.T.C. 1840. Die Forst-Insekten. II Th., v + 252 pp., pp. 202-207, Berlin.
12. Stearns L. A. 1953. The Biology and Control of the Nantucket Pine Moth and the European Pine Shoot Moth. *J. Ent. Econ.*, 46 n. 4 pp. 690-692, Menasha, Wis.
13. Zocchi R. 1952. Contributi alla conoscenza degli Insetti delle Piante Forestali. II. Note Biologische sull *Evetria buoliana* Schiff. *Redia*, XXXVII, pp. 345-369, Florence.

***

Samenvatting

De waarnemingen die de auteurs in Midden-België gedaan hebben verduidelijken de volgende punten :

a) Bij *Rhyacionia buoliana* Schiff. duurt de periode van de sexuele rijping maximum 2 dagen van het ogenblik af van het verschijnen van de imagos.
b) Een bevolking van imagos telt 2 mannetjes voor 3 wijfjes.
c) De eieren, die vaak gegroepeerd zijn, worden meestal op de bovenkant van de naalden gelegd en op de schors van de jonge scheuten van het jaar.
d) In het open veld van de onderzochte streek schommelde de broedtijd tussen 17 en 29 dagen.

De auteurs beschrijven onder andere de verschillende kleurvariaties die het ei gedurende zijn ontwikkelingsperiode ondergaat.

Zusammenfassung

Die von den Verfassern in Mittel-Belgien gemachten Beobachtungen erlauben folgende Punkte festzulegen :

a) *Rhyacionia buoliana* Schiff braucht bis zur sexuellen Reife höchstens 2 Tage ab Erscheinen der Imago.
b) In einer Insektenbevölkerung existieren 2 Männchen für 3 Weibchen.

c) Die Eier findet man häufig zu mehreren gruppiert gewöhnlich an der Oberfläche der Nadeln oder an den jungen Trieben des Jahres.

d) Auf freiem Feld schwankte die Brutzeit in der beobachteten Gegend zwischen 17 und 29 Tagen.

Die Verfasser beschreiben ausserdem die verschiedenen Farbvariationen, die das Ei während der Entwicklungszeit durchmacht.

Summary

The observations recorded by the writers specify the following points :

a) *Rhyacionia buoliana* Schiff. undergoes a period of sexual maturation of 2 days (maximum) after imaginal emergence.

b) In a population of imagos, there are 3 females for every 2 males.

c) The eggs are often grouped, and oviposition mainly takes place on the upper face of the needles and on the bark of the shoots of the year.

d) In the open, and in the region under consideration, the period of incubation varied from 17 to 29 days.

Further, the writers describe the changes occuring in the colour of the egg during its development.

La gammare du "Ruisseau de Wachet" [1] [2]

Rivulogammarus pulex pulex L.

par Christian Reizer (*)

Chapitre I : SYSTÉMATIQUE [3]

Introduction

La gammare ou crevette d'eau douce est un des hôtes les plus communs de nos cours d'eau. Tant par sa fréquente abondance que par sa haute valeur nutritive, elle constitue un aliment de choix pour la truite commune.

En 1957-1958, nous avons essayé de déterminer en Lorraine belge, le cycle annuel de développement de la gammare. Nous voulions dégager à cette occasion l'influence de la végétation riveraine sur la croissance de l'animal ; le « Ruisseau de Wachet » convenait particulièrement bien à ce dernier point de vue.

1. Le « Ruisseau de Wachet »

Affluent du Ton, sa vallée s'étend tout entière dans le « Pays gaumais », dans une étroite vallée qui sépare la cuesta du Sinémurien-Lotharingien de celle des macignos de Messancy et d'Aubange. Issu du territoire de Châtillon, il termine sa course au centre même du village de Saint-Léger. Sa largeur atteint 1 m. à 1,75 m., après deux kilomètres de parcours. Sa pente est constante pour les trois kilomètres de son profil et est environ de 2,03 %. Si on applique la règle des pentes de Huet (1), on déduit que le cours d'eau appartient donc à la zone des frayères à truites. Le profil général en travers est du type en V. Le bassin hydrographique atteint une superficie de 285,40 Ha.

(*) Déposé à la rédaction le 21 octobre 1960.

(1) Extrait du travail de fin d'études (1957-1958) présenté pour l'obtention du grade d'Ingénieur agronome (groupe des Eaux et Forêts) à l'Institut agronomique de l'Etat à Gembloux.

(2) Laboratoire de Limnologie — Institut agronomique, Gembloux.

(3) Le chapitre II, faisant suite à celui-ci, fera l'objet d'une seconde publication traitant surtout du cycle de développement de l'animal.

Les assises géologiques sont d'âge secondaire. Le Sinémurien, représenté par le grès de Florenville, est, dans la vallée du Ton, uniquement visible au confluent des deux cours d'eau. Le Lotharingien ou Vr_a, faciès sableux avec bancs gréseux discontinus, y domine par ses affleurements. Les trois assises du Pliensbachien, Vr_b, Vr_c et Vr_d sont présentes. Leur faciès est plus argileux que le Vr_a. Le lit proprement dit du cours d'eau repose entièrement sur le Vr_a. Les abords immédiats du ruisseau sont formés d'alluvions quaternaires.

Le sol du bassin hydrographique est exploité différemment suivant les endroits. La partie supérieure, située sur le territoire de la commune de Châtillon,est constituée en majorité par des prairies et des terres sous labour. La partie inférieure est presqu'exclusivement couverte de forêts feuillues et résineuses. La proportion des cultures par rapport aux bois est — jusqu'à présent du moins — en faveur des cultures.

Le cours d'eau lui-même est très peu colonisé par des espèces végétales spécifiquement aquatiques dont l'absence est complète sous les épicéas (essence dominante). Dans les parties où l'intensité lumineuse est suffisante, croissent *Nasturtium officinale*, *Ranunculus fluitans* et autres, ainsi que des iris. Les bancs de sable, édifiés à l'époque des crues, sont colonisés par les végétaux que l'on rencontre dans les environs immédiats : graminées et prêles dans les prairies, anémones sous la forêt feuillue. Sous la pessière, les bancs sont totalement dépourvus de végétaux.

La truite est le seul poisson vivant dans les eaux du « Ruisseau de Wachet ». Simulies, aselles, éphéméroptères divers, casets et sangsues représentent l'essentiel du monde des invertébrés, mais l'espèce dominante est incontestablement la gammare.

Des mesures de réserve alcaline (S.B.V.), effectuées mensuellement, nous ont permis de fixer le chiffre moyen (l'amplitude des variations fût très faible) à 2,4 (1). Le pH, dont la valeur moyenne est 6,5 - 7,0, semble subir une légère hausse au printemps (0,5 unité). La cause de cette variation réside, selon toute vraisemblance, dans le fait qu'à cette époque, il y a apport d'engrais dans les zones cultivées avoisinantes.

Après avoir ainsi défini le milieu dans lequel les mesures ont été réalisées, nous nous sommes attaché à l'étude de la population en gammares et plus spécialement à la détermination de l'espèce en cause ; ce dernier point constitue essentiellement l'objet de cette présente relation.

(1) S. B. V. de 2,4 = 67,2 mmg. de CaO/l.

Légende :

⊙ Saint-Léger

Cours naturel détourné ou canalisé (drainage)

Limites des assises géologiques :

Sn$_b$ = Sinémurien — Alm = Alluvions quaternaires

Vr$_a$ = Lotharingien — Vr$_b$ = Schistes d'Ethe

Vr$_c$ = Macigno de Messancy — Vr$_d$ = Macigno d'Aubange

Limites des végétations riveraines

R = Résineux — F = Feuillus — P = Prairies-Champs

B. h. = Limites du bassin hydrographique.

2. Systématique

Nombre d'auteurs se sont efforcés de préciser les caractères spécifiques du groupe ; le dernier ouvrage en date parut en 1948, sous la signature de SCHELLENBERG (5). La classification de cet auteur est originale.

Après avoir défini, chez les amphipodes, trois sous-ordres et de très nombreuses familles, SCHELLENBERG fournit quelques détails concernant les *Gammaridae*. Ensuite, il réunit plusieurs genres sous le terme « *Gammarus* » dont il fournit les caractères suivants.

LE GENRE « *Gammarus* ».

Tête : lisse, sans que le rostre soit de couleur claire.

Métasome : caréné, lisse ou épineux.

Urosome : porteur de groupes d'épines ; ces épines peuvent être remplacées par des soies.

Antennes I : plus longues que les antennes II.

Dactyles des péréiopodes III et IV : avec une seule soie.

Uropode : le III est très grand ; il possède deux branches.

L'étude morphologique des animaux récoltés dans le « Ruisseau de Wachet » permet de préciser que ceux-ci appartiennent tous au genre « *Gammarus* » car ils répondent parfaitement aux caractères signalés ci-dessus.

Poursuivant alors nos examens, nous constatons que :

— les branches internes des uropodes III sont de longueurs différentes, tout en restant cependant assez longues.

— les palmes des gnathopodes du mâle sont placées très obliquement. Elles ne sont pas très nettement détachées au bord arrière des gnathopodes.

— les gnathopodes I et II sont dissemblables.

— les lobes latéraux de la tête ne sont pas anguleux.

Ces particularités sont celles que l'auteur présente pour définir le sous-genre « *Rivulogammarus* ».

La clef de détermination de SCHELLENBERG nous conduit, au sein du sous-genre *Rivulogammarus*, à deux variétés morphologiquement très voisines.

— *Rivulogammarus pulex pulex* L.

— *Rivulogammarus pulex fossarum* KOCH.

La distinction entre ces deux variétés est, comme nous le rappellerons tout à l'heure, surtout importante en ce qui concerne l'écologie ; il convient donc de savoir laquelle des deux colonise le « Ruisseau de Wachet ».

Les animaux examinés présentent sur le flagelle de l'antenne II du mâle, un certain nombre de poils. Sans pour cela qu'il s'agisse de la brosse carac-

téristique de *Rivulogammarus pulex pulex* L., leur simple présence permet de présumer qu'il s'agit de cette variété. Mais la longueur de la branche interne de l'uropode III est à peu près égale aux 3/4 de celle de la branche externe. Or, chez *R. pulex fossarum* Koch, cette proportion est de 1/2. Il apparaît donc que la gammare du « Ruisseau de Wachet » est bien *Rivulogammarus pulex pulex* L.

Cette détermination étant faite, nous avons examiné des crevettes de provenances diverses. Nous devons conclure qu'en Lorraine belge, le Ton, la Vire et ses affluents, de même que la Rouge-Eau, la Haute Semoy et la Rulles, sont colonisés par des gammares : *R. pulex pulex* L. La présence de poils sur l'antenne II du mâle et surtout la proportion 3/4 des branches de l'uropode III en font foi. Il semble donc bien que l'aire de dispersion de *Rivulogammarus pulex pulex* L. comprend, chez nous, toute la Lorraine belge.

Nous avons examiné également des gammares provenant de ruisselets du massif de Neufchâteau. Il s'agit presque toujours de *R. pulex pulex* L. Il semble bien que plus l'altitude s'élève (altitude de Neufchâteau = ± 450 m.), plus le premier caractère s'atténue, c'est-à-dire plus les poils de l'antenne se raréfient et surtout que la branche interne de l'uropode III devient plus petite. Les spécimens prélevés par le professeur Breny à Bellevaux (Bouillon - altitude : 370 m.) présentent également ces mêmes dernières caractéristiques (1).

Ces observations nous permettent de dire avec Niort et Pacaud (2-3-4) que les variations morphologiques de la crevette d'eau douce peuvent être importantes à considérer. Nous ajouterons, quant à nous, qu'un des meilleurs critères pour la détermination des variétés est certes la longueur relative des deux branches de l'uropode III, caractère beaucoup plus absolu que celui reposant sur la nature de la pilosité antennaire. Cette suggestion qu'il nous est possible d'exprimer à la suite de nos observations faites dans notre pays, rejoint précisément l'opinion émise par Schellenberg en ce qui concerne l'Allemagne. Nous pouvons dès lors considérer la valeur réelle taxonomique de ce caractère ainsi que sa parfaite application à la Belgique.

Il ressort d'autre part de l'ouvrage de cet auteur que l'espèce, longtemps appelée et décrite sous les termes « *Gammarus delebecquei* Chev. et de Guerne est en réalité *Rivulogammarus pulex fossarum* Koch. L'ouvrage supprime donc pratiquement toute confusion entre *Rivulogammarus pulex pulex* L. et *Rivulogammarus pulex fossarum* Koch, ces deux variétés ayant été autrefois réunies sous le terme « *Gammarus pulex* L. ». C'est ce qui explique d'ailleurs la confusion tant de fois constatée en matière d'écologie

(1) A de telles altitudes et en certains endroits, des gammares à uropode III typique de *Rivul. pulex fossarum* Koch ont été capturées.

de *Gammarus pulex* L., vocable devenu dès lors insuffisamment précis pour désigner l'animal.

3. L'aire de dispersion et le biotope

Les caractères permettant de différencier *R. pulex pulex* L. de *R. pulex fossarum* Koch paraissent donc assez subtils ; ils n'auraient qu'une importance relative à première vue, s'ils n'étaient que morphologiques. Il en est cependant tout autrement car les aires de dispersion et, par conséquent, les exigences écologiques de chacune des espèces, sont différentes.

Pacaud (3-4) partage en effet l'aire de dispersion du genre *Rivulogammarus* en trois grands domaines :

1° Domaine marginal ou côtier : comprenant les eaux douces voisines des rivages marins = prédominance de *R. berillonii* Cotta qui refoule *R. pulex pulex* L.

2° Domaine intérieur de faible altitude : Prédominance de *R. pulex pulex* L. accompagnée de *R. berillonii* Cotta et *R. roeselii* Gerv.. *R. pulex fossarum* Koch est sporadiquement présente dans les stations élevées.

3° Domaine de montagnes : Prédominance de *R. pulex fossarum* Koch. Ce dernier domaine comprend les massifs montagneux de l'Europe, notamment : Pyrénées, Massif Central, Cévennes, Alpes, Jura, Vosges, Forêt Noire, Spessart, Champagne etc.

R. pulex fossarum Koch est donc un hôte typique des ruisseaux froids de montagnes. Il existe sporadiquement dans les ruisseaux à régime thermique dit « de plaine ». D'autre part, il apparaît que *R. p. fossarum* Koch s'accomode mieux que *R. p. pulex* L. des eaux à alcalinité faible.

BIBLIOGRAPHIE

1. Huet, M. 1946. Note préliminaire sur les relations entre la pente et les populations piscicoles des eaux courantes. *Travaux de la Station de Recherches de Groenendael-Belgique*, Série D, n° 4.

2. Niort, P.-L. 1948. Gammariens et faune d'eau douce de Saintonge. *Bulletin de la Société des Sciences Naturelles de l'Ouest de la France*, 5e série, tome X, juin.

3. Pacaud, A. 1944. Sur les Amphipodes gammariens des eaux superficielles dans la région du bassin parisien. *Bulletin de la Société Zoologique de France*, n° 69.

4. Pacaud, A. 1952. Nouvelle revue de la distribution géographique des gammares dans les eaux continentales françaises. *Comple-rendu des Séances de la Société de Biogéographie*, 29e année, n° 252/253.

5. Schellenberg, A. 1948. Die Tierwelt Deutschlands und der angrenzenden Meeresteile. Krebstiere oder Crustacea. Jena.

LABORATOIRE DE PATHOLOGIE VÉGÉTALE

Action de l'extrait de *Begonia tuberhybrida* sur le nombre de lésions locales formées par le virus de la mosaïque du tabac et par quelques autres virus (*)

par Jean Semal (**)

1. Introduction

Au cours d'un travail relatif à l'identification des virus du bégonia tubéreux (Semal, 1960), nous avons observé que l'inoculation de diverses plantes avec l'extrait foliaire de **bégonias** virosés ne fournissait qu'un faible taux de transmission.

Au contraire, les mêmes espèces inoculées avec de l'extrait de **tabacs** infectés des *mêmes* virus fournissaient un taux de transmission élevé. Toutefois, lorsque ces extraits de tabacs infectés étaient mélangés avec du jus de bégonia sain, préalablement à l'inoculation des plantes réactives, on obtenait également une réduction importante du taux de transmission.

Cette constatation indique la présence dans l'extrait foliaire de bégonia d'un principe viro-inhibiteur qui empêche l'évolution normale de l'infection par les virus. La présente étude a pour but de préciser quelques caractéristiques de cette viro-inhibition et d'identifier les substances responsables du phénomène observé.

2. Matériel et techniques

a) *Le virus.* Pour la plupart des essais, nous avons utilisé des suspensions de virus de la mosaïque du tabac (V.M.T., souche provenant du Laborato-

(*) Déposé à la rédaction le 21 décembre 1960.

(**) Une partie de cette étude a été réalisée au « Laboratorium voor Virologie » de Wageningen, grâce à l'hospitalité de feu le Prof. Thung et de ses collaborateurs, à qui nous exprimons toute notre gratitude.

rium voor Virologie de Wageningen). Le virus a été multiplié dans des tabacs et les suspensions utilisées ont été obtenues de la façon suivante : l'extrait de feuilles de tabacs congelées a été centrifugé à faible vitesse et le surnageant traité au sulfate ammonique, puis centrifugé pendant 30 minutes à 5.000 tours. Le culot obtenu a été repris dans l'eau distillée, dialysé et centrifugé à faible vitesse. Pour les autres virus expérimentés, on a utilisé généralement des extraits foliaires non purifiés.

b) *L'extrait inhibiteur.* On a pris comme source d'extrait inhibiteur des feuilles de *Begonia tuberhybrida* grandiflore, cultivés en serre à partir de tubercules. Dans des essais préliminaires, le jus des feuilles coupées en morceaux a été exprimé au travers d'un linge et centrifugé pendant 15 minutes à 3.000 tours ; le surnageant a été recueilli pour servir aux essais et a été conservé à 3° C. Ultérieurement, on a congelé des feuilles préalablement à l'extraction du jus. Dans ces conditions, le surnageant de la centrifugation à faible vitesse est limpide ; son pouvoir inhibiteur n'est toutefois pas modifié par rapport à celui de l'extrait de feuilles non congelées.

c) *Les plantes-hôtes.* Les différentes plantes-hôtes utilisées ont été cultivées en serre, avec, pendant l'hiver, un éclairage d'appoint de tubes fluorescents.

Pour *Nicotiana glutinosa*, on a cueilli les feuilles à partir du moment où elles avaient une longueur suffisante (5 cm de long), et ce pendant une période de 1 mois environ. Les feuilles utilisées n'ont pas été standardisées rigoureusement ; on a cependant écarté systématiquement les premières feuilles formées, situées à la base des plantes. Ces feuilles en effet donnent naissance à des lésions moins distinctes et réagissent différemment des autres à l'inhibition étudiée, alors que les feuilles moyennes fournissent des taux d'inhibition semblables, qu'elles soient prélevées sur des plantes jeunes ou âgées.

Les haricots var. « Pinto » ont été semés en pots et les feuilles primaires utilisées pour les essais avant le développement des feuilles composées.

d) *Le mode opératoire.* — Les essais ont été effectués sur des feuilles détachées, sectionnées en 2 parties égales dans le sens de la nervure médiane, saupoudrées de carborandum 500 mesh et inoculées avec le doigt. Dans chaque essai, une série de 6 demi-feuilles a été inoculée en présence de la substance étudiée, les demi-feuilles correspondantes étant inoculées en présence d'eau et servant de référence. Les traitements ont généralement été effectués sur les demi-feuilles de droite ; dans certains essais cependant, les répétitions ont été réalisées par moitié sur les demi-feuilles de gauche et par moitié sur celles de droite.

Les inoculums ont été préparés en mélangeant 1 cc d'excipient (eau distillée, extrait de begonia, etc) à 0,1 cc d'une suspension de virus. Immé-

diatement après l'inoculation, les feuilles ont été lavées à l'eau courante, déposées sur des papiers filtre humides en boîtes de Petri et placées sous un éclairage constant de tubes fluorescents (3.000 lux environ) à la température de 20-22° C.

e) *Le dénombrement des lésions et l'expression des résultats.* Le dénombrement des lésions a été effectué après 2 à 3 jours pour *N. glutinosa* et 4 à 5 jours pour *Phaseolus vulgaris*. Les résultats obtenus ont été exprimés au moyen du « pourcentage d'activité » (RAGETLI, 1957), calculé comme suit :

$$\text{pourcentage d'activité} = \frac{\text{somme des lésions sur les 6 demi-feuilles traitées}}{\text{somme des lésions sur les 6 demi-feuilles témoins}} \times 100$$

f) *L'analyse et la variabilité des résultats.* La précision de la technique des lésions locales est estimée généralement à 10-15 % (STEERE, 1955, YARWOOD, 1956). Les résultats que nous avons obtenus se situent dans cet ordre de grandeur. C'est ainsi que, pour des traitements effectués sur plusieurs séries de 6 demi-feuilles, nous avons obtenu, pour des séries de *N. glutinosa* ayant reçu un traitement identique sur les demi-feuilles de gauche et de droite, des pourcentages de 100, 97, 95 et 94 ; pour des séries où les demi-feuilles de droite étaient traitées par l'acide oxalique 0,08 N, des pourcentages de 20, 16, 16, 16 et 14. Les résultats obtenus pour chaque essai ont été analysés par un test non paramétrique (méthode de signes, voir notamment DIXON et MASSEY, 1957). Dans le cas de 6 répétitions, les différences observées entre le témoin et le traitement sont significatives au seuil 0,03 lorsque les résultats individuels du traitement sont tous supérieurs (ou tous inférieurs) aux résultats individuels des témoins correspondants. Les résultats présentés dans le corps du travail sont significatifs au seuil 0,03, sauf ceux suivis de n.s. (points soulignés d'un trait dans les graphiques).

Pour les inoculums relativement concentrés que nous avons utilisés, les variations de la teneur en virus ont peu d'influence sur le niveau de l'inhibition obtenue. Par contre, si on dilue le virus de façon à obtenir une nette diminution du nombre de lésions sur le témoin, on observe une diminution parallèle du pourcentage d'activité obtenu pour une concentration donnée en inhibiteur.

3. Les propriétés inhibitrices de l'extrait foliaire du bégonia.

Afin de dégrossir le problème de la nature de l'inhibiteur contenu dans le jus de feuilles de bégonia, nous avons recherché l'influence sur le pouvoir inhibiteur du système plante-virus utilisé et de la source ayant servi à l'obtention de l'extrait ; d'autre part, nous avons étudié l'influence de certains traitements appliqués aux extraits : concentration, dilution, dialyse et ultracentrifugation.

Influence de la source.

Si on compare l'activité d'extraits récoltés séparément à partir de plantes de *B. tuberhybrida* ayant végété dans des conditions différentes, on constate que certains d'entr'eux exercent une action inhibitrice marquée sur le nombre de lésions formées par le V.M.T. sur *N. glutinosa* (pourcentages d'activité de 10 à 50) alors que d'autres sont inactifs et que certains enfin paraissent activateurs.

Influence du système plante-virus.

L'action inhibitrice d'extraits foliaires de bégonia sur le nombre de lésions locales a été étudiée pour différents virus sur différentes plantes-hôtes. L'ensemble des résultats obtenus est repris au tableau I. On constate que le phénomène d'inhibition existe pour tous les systèmes étudiés ; il est particulièrement marqué pour un virus du type « mosaïque du concombre » et pour le virus X de la pomme de terre sur *Gomphrena globosa.*

Influence de la concentration et de la dilution.

La concentration des extraits, réalisée soit par ébullition soit par dessiccation à l'air, augmente considérablement leur pouvoir inhibiteur ; les extraits inactifs à l'état naturel deviennent inhibiteurs lorsqu'ils sont concentrés ; les extraits qui étaient déjà inhibiteurs le deviennent davantage.

Inversement (voir graphique 1), la dilution des extraits provoque rapidement la disparition de leurs propriétés inhibitrices et l'apparition de propriétés activatrices, du moins en ce qui concerne le V.M.T. sur *N. glutinosa* et *Ph. vulgaris.* Par contre, le virus X de la pomme de terre sur *Gomphrena globosa* demeure très sensible à l'action d'un extrait de bégonia, même après dilution de ce dernier. La sensibilité particulière de ce système plante-virus est donc confirmée.

Influence de la dialyse et de l'ultracentrifugation.

Lorsqu'on soumet des extraits de bégonia inhibiteurs à la dialyse, on constate que les jus dialysés deviennent inactifs, tandis que l'eau de dialyse acquiert des propriétés inhibitrices.

D'autre part, si l'on soumet un extrait inhibiteur à l'ultracentrifugation (2 h. à 30.000 tours dans une centrifugeuse Spinco), on observe que le surnageant conserve la totalité du pouvoir inhibiteur initial.

Conclusions.

Les différents essais qui viennent d'être relatés indiquent que l'inhibition par certains extraits foliaires de *B. tuberhybrida* se manifeste pour tous les systèmes plante-virus étudiés, mais avec une intensité variable selon

TABLEAU I

Action de divers extraits foliaires de *Begonia tuberhybrida* sur le nombre de lésions locales pour différents systèmes plante-virus

Extrait de bégonia n°	pH	Inoculum (1)		Plante-test	Nombre de lésions		Pourcentage
		virus	source		eau	jus de bégonia	
1	1,8	V.N.T. (2)	*N. tabacum*	*N. tabacum*	237	269	113 (n.s.)
2	—	V.N.T.	»	»	104	9	9
3	1,8	V.N.T.	»	»	238	53	22
4	1,9	V.Bég. (3)	»	»	249	34	14
5	1,8	V.Bég.	»	»	253	1	0,4
6	1,8	V.M.C. (5).	»	*Chenopodium quinoa*	368	34	9
6	1,8	V.M.T.	(purifié)	*N. glutinosa*	790	525	66
7	1,8	V. Bég.	*N. tabacum*	*Vigna sinensis* (7)	937	5	0,4
7	1,8	virus du concombre (4).	*Ph. vulgaris*	*Ph. vulgaris*	972	91	9
7	1,8	V.M.T.	(purifié)	*N. glutinosa*	1084	106	10
7	1,8	V.M.T.	»	*Ph. vulgaris*	834	71	8
8	1,9	V.M.T.	»	»	1546	256	18
8	1,9	X de la p.d.t.	» (8)	*Gomphrena globosa*	387	0	0

(1) Pour ces essais, l'inoculum contenait 1/2 cc d'extrait de feuilles virosées et 1/2 cc d'extrait de bégonia, sauf pour le V.M.T. et le virus X, où la technique standard a été utilisée.

(2) Virus de la nécrose du tabac.

(3) Virus isolé de bégonia (SEMAL, 1960).

(4) (VAN KOOT, et DORST, 1955).

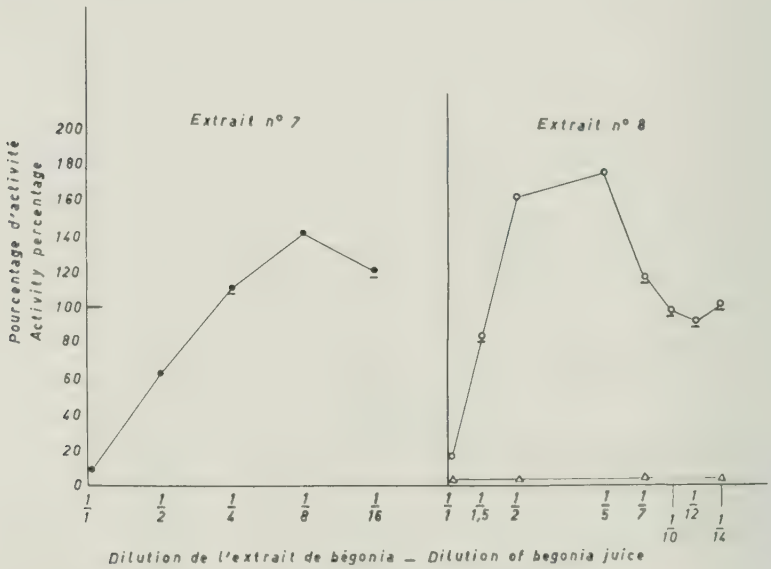
(5) Virus de la mosaïque du concombre.

(6) Feuilles demeurées attachées à la plante.

(7) Feuilles demeurées 20 h à l'obscurité avant l'inoculation.

(8) Ce virus nous a été aimablement procuré par M^me^ VAN KAMMEN, de Wageningen.

le système. Le niveau du pouvoir inhibiteur est également lié à la concentration de l'extrait et les différences d'activité entre des extraits de différentes plantes de bégonia est attribuable à la plus ou moins grande concentration du principe inhibiteur. Ce dernier est une substance de faible poids moléculaire.



GRAPHIQUE 1

Pourcentage d'activité de 2 extraits de bégonia en fonction de leur dilution.

● V.M.T. sur *N. glutinosa*

○ V.M.T. sur *Ph. vulgaris*

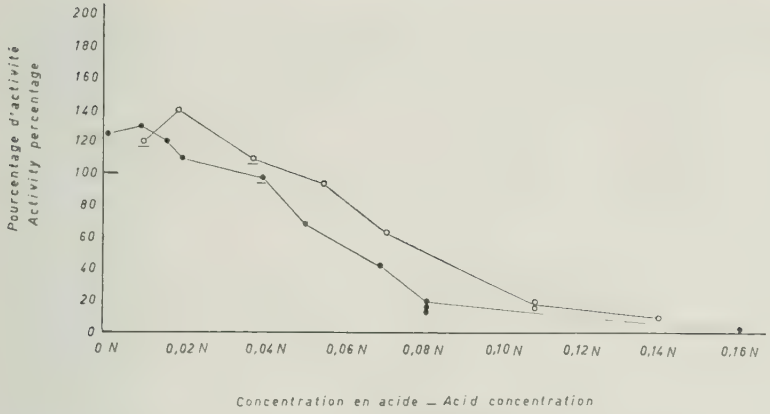
△ Virus X de la pomme de terre sur *G. globosa*

Remarque : les points soulignés ne sont pas significativement différents de 100.

1. Identification des substances responsables de l'inhibition

Plusieurs auteurs (RUHLAND & WETZEL, 1926, PRIANISHNIKOV, 1951, CROMBIE, 1954, VAN DIE, 1959) ont signalé, dans les extraits foliaires de bégonia, la présence de quantités importantes d'acide oxalique dont la présence est responsable du pH extraordinairement bas de ces extraits (pH variant de 1,7 à 2,1 dans nos essais).

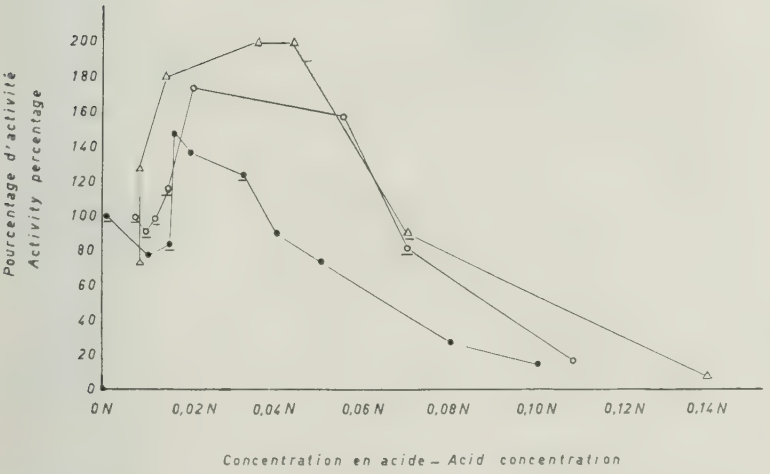
Comme les jus de bégonia ne contiennent pas de tannins en quantité décelable et que, d'autre part, l'acide oxalique a été signalé antérieurement comme viro-inhibiteur (STANLEY, 1935, MATTHEWS & PROCTOR, 1956), il



GRAPHIQUE 2

Pourcentage d'activité en fonction de la concentration en acide, pour le V.M.T. sur *N. glutinosa* :

● solution d'acide oxalique
○ extrait foliaire de bégonia



GRAPHIQUE 3

Pourcentage d'activité en fonction de la concentration en acide, pour le V.M.T. sur *Ph. vulgaris*

● solution d'acide oxalique
○ extrait foliaire de bégonia
△ mélange d'acide oxalique et d'oxalate de K

était logique d'attribuer le pouvoir inhibiteur des jus de bégonia à leur teneur élevée en acide oxalique. Effectivement, les extraits foliaires inhibiteurs contiennent des quantités d'acides (déterminées par titration par NaOH) qui sont supérieures à celles trouvées dans les extraits inactifs ou activateurs.

Comparaison de l'inhibition par l'extrait de bégonia et l'acide oxalique.

Pour vérifier cette hypothèse, nous avons comparé l'évolution de l'activité d'un extrait foliaire de bégonia et d'une solution d'acide oxalique en fonction de leur concentration normale en acide. La concentration en acide dans l'extrait foliaire de bégonia a été déterminée par titration à la soude en présence de bleu bromophénol.

Ces essais ont été effectués avec le V.M.T. sur *N. glutinosa* et *Ph. vulgaris* ; leurs résultats sont repris dans les graphiques 2 et 3. On y observe une grande analogie du mode d'action du jus de begonia et de l'acide oxalique, tant sur *N. glutinosa* que sur haricot, tandis que l'allure des diagrammes obtenus est spécifique de l'espèce végétale utilisée.

Les résultats confirment l'hypothèse que nous avons formulée plus haut sur le rôle de l'acide oxalique. On constate cependant un certain décalage entre les diagrammes d'activité respectifs de cet acide et du jus de begonia, le premier étant plus inhibiteur que le second pour une même concentration en acide titrable. Cette particularité aurait pu être attribuée aux différences de pH qui existent entre une solution d'acide oxalique et un jus de bégonia équinormal en acide (le pH de ce dernier étant inférieur de 0,2-0,4 unités à celui de la solution d'acide correspondante). Cette supposition paraît cependant peu fondée étant donné l'absence de corrélation entre le pouvoir inhibiteur et le pH pour les deux solutions envisagées. En effet un extrait de bégonia de pH 1,9 est fortement inhibiteur, tandis qu'une solution d'acide oxalique de même pH est activatrice.

Une autre hypothèse nous est apparue plus vraisemblable. On sait en effet que les extraits foliaires de begonia contiennent une certaine quantité d'oxalate soluble, principalement d'oxalate de K (Molisch, 1913).

Or, les oxalates solubles augmentent de façon marquée le nombre de lésions locales formées par le virus du ring-spot du tabac sur *Vigna sinensis* (Bel da, 1956) et par le V.M.T. sur *Phaseolus vulgaris* (Vinck, 1959) (1). Nous avons montré que ce phénomène existait également pour le V.M.T. sur *Nicotiana glutinosa*, comme le montre le tableau II.

(1) Communication personnelle.

TABLEAU II

Influence de l'oxalate de potassium sur le nombre de lésions locales formées par le V.M.T. sur *N. glutinosa*

Concentration en oxalate de K	0,02N	0,04N	0,05N	0,06N	0,08N
Pourcentage d'activité	141	161	154	143	101n.s.

Il se dégage de ces résultats que la différence de niveau constatée pourrait être due à la présence d'oxalates solubles dans l'extrait de bégonia. La vérification de cette dernière hypothèse à été effectuée indirectement sur *Phaseolus vulgaris* et par voie directe sur *Nicotiana glutinosa*.

L'activité d'un mélange contenant 29 % en volume d'une solution d'acide oxalique et 71 % d'une solution équinormale d'oxalate de K a été étudiée pour le V.M.T. sur *Phaseolus vulgaris*. Le diagramme d'activité du mélange en fonction de sa concentration en acide est décalé vers le haut par rapport à celui de l'acide oxalique pur et est proche du diagramme obtenu pour l'extrait de bégonia (graphique 3).

D'autre part, on a dosé, dans l'extrait de bégonia utilisé pour l'essai précédent, l'acidité totale (par titration à la soude) et la teneur en oxalate total (par précipitation au chlorure de calcium et titration au permanganate). La différence constatée entre les deux valeurs représente une *estimation* de la quantité de sels de l'acide oxalique présents dans le jus ; elle représente 25 % de la concentration totale en oxalate.

Enfin, l'activité du même jus de bégonia a été comparée, pour un niveau donné de concentration en acide (0,02 N), à l'activité du mélange d'acide oxalique et d'oxalate de K dans les proportions volumétriques qui viennent d'être définies (75 % d'acide, 25 % de sel). On a constaté que les deux solutions avaient une activité identique.

Il résulte de ces diverses expériences que le jus de bégonia influence le nombre de lésions locales de façon identique au mélange d'acide oxalique et d'oxalate de K.

ACTIVITÉ DE L'EXTRAIT DE *Rumex acetosa*.

Outre le bégonia, plusieurs espèces végétales peuvent contenir des quantités importantes d'acide oxalique. Il était intéressant, par conséquent, de vérifier si leurs extraits possédaient également un pouvoir viro-inhibiteur. Parmi ces plantes, la rhubarbe a dû être écartée à cause de sa teneur élevée en tannins. Par contre, l'oseille commune, *Rumex acetosa* ne contient pas de tannins décelables par $FeCl_3$ et a pu être utilisé à cette fin.

Nous avons préparé un extrait d'oseille par la technique habituellement utilisée pour l'extrait de bégonia et nous avons étudié son activité à l'égard du nombre de lésions formées par le V.M.T. sur *Nicotiana glutinosa* et *Phaseolus vulgaris*. Les résultats obtenus démontrent que l'extrait de *Rumex acetosa* possède un pouvoir inhibiteur qui se modifie avec la dilution d'une façon analogue à celui de l'extrait de bégonia.

Influence de la neutralisation de l'extrait et de la précipitation de l'ion oxalique.

Ayant démontré que la viro-inhibition par le jus de bégonia est due à l'acide oxalique qu'il contient, il nous faut rechercher maintenant quelle est la partie de cet acide qui est active.

Si on neutralise des extraits inhibiteurs de bégonia ou de *Rumex acetosa* in vitro par NaOH concentré, (formation d'oxalate de sodium), on constate que le mélange obtenu acquiert des propriétés activatrices très marquées (pourcentages d'activité de 300 à 600 sur *Phaseolus vulgaris*). Par contre, si on précipite les ions oxaliques d'un extrait de begonia au moyen d'un sel soluble de calcium (formation d'oxalate de calcium et de l'acide correspondant au sel), on n'obtient pas de modification sensible du niveau de l'inhibition. Il apparaît donc que cette dernière est provoquée par la *fonction acide* de la molécule d'acide oxalique.

Quant au phenomene d'activation observé pour certaines concentrations de l'acide oxalique, il est attribuable, comme nous l'avons vu plus haut, à l'action des *ions oxaliques*.

Ce double phenomène se concretise par le fait que si on traite un extrait de bégonia par CaO, de façon à neutraliser l'acide present et à eliminer en même temps les ions oxaliques sous forme d'oxalate de calcium, on obtient, après centrifugation, un surnageant qui est dépourvu de toute activite tant inhibitrice qu'activatrice.

5. Conclusions

L'adjonction d'extraits foliaires de *Begonia tuberhybrida* à différents phytovirus avant leur inoculation influence le nombre de lesions locales formées sur les feuilles de plusieurs espèces végétales.

Pour un même extrait de begonia, le niveau d'activite varie considerablement avec le systeme plante-virus utilise ; la plupart du temps cependant, on observe une diminution très marquee du nombre de lesions (inhibition).

Le phénomène a été plus particulièrement étudié pour le V.M.T. sur *Nicotiana glutinosa* et *Phaseolus vulgaris*. Nous avons mis en evidence que les extraits de begonia etaient tantôt inhibiteurs, tantôt activateurs, en

fonction de leur concentration en acide. L'allure du diagramme d'activité en fonction de la concentration en inhibiteur est spécifique de l'espèce végétale utilisée.

La substance inhibitrice a été identifiée comme étant l'acide oxalique. Du point de vue de son influence sur le nombre de lésions locales, l'extrait de bégonia étudié s'est comporté comme un mélange d'acide oxalique et d'oxalate de potassium.

L'évolution de l'activité de l'acide oxalique en fonction de sa concentration est interprétée comme étant le résultat d'un double phénomène : une inhibition provoquée par la présence d'ydrogènes échangeables, et une activation due aux ions oxaliques.

6. Remerciements

Nous exprimons toute notre gratitude au Prof. R. VANDERWALLE pour l'aide qu'il ne cesse de nous apporter dans nos travaux.

Qu'il nous soit permis également de remercier MM. les Prof. J. ANSIAUX, J. CASIMIR, P. MANIL, P. MARTENS et A. WILLAM ainsi que le Dr. P. DAGNELIE pour les conseils qu'ils ont bien voulu nous fournir au cours de cette étude.

SUMMARY

When *Begonia tuberhybrida* juice is mixed with several plant viruses and rubbed on the leaves of different plant species, the number of local lesions is modified. The activity of a definite begonia extract varies greatly with the plant-virus system used ; usually there is a marked decrease of the number of lesions (inhibition).

For T. M. V. on *Nicotiana glutinosa* and *Phaseolus vulgaris*, begonia juices decrease or increase the number of lesions as a function of their acid concentration. The inhibitor was identified indirectly as oxalic acid ; the results yielded with begonia juice are consonant with the behaviour observed for a mixture of oxalic acid and potassium oxalate.

The effect of the oxalic acid concentration on the rate of lesions (activity curve) is specific for the test-plant used and is interpreted as the result of both an inhibition (caused by acidity) and an augmentation (caused by oxalic ions).

BIBLIOGRAPHIE

BENDA, G. (1956). The effect of New-Zealand spinach juice on the infection of cowpeas by Tobacco ringspot virus. *Virology*, **2**, 438-5 .

CROMBIE, W. (1954). Oxalic acid metabolism in *Begonia semperflorens*. *Journ. Exp. Bot.* **5**, 173-184.

DIXON, W., et MASSEY, F. (1957). Introduction to statistical analysis. Mc. Graw-Hill C. Y. Inc., N. Y.

JOHNSON, J. (1941). Chemical inactivation and the reactivation of a plant virus. *Phytopath.* **31**, 679-701.

MATTHEWS, R. et PROCTOR, C. (1956). Influence of aliphatic organic acids and metal ions on numbers of local lesions produced by a tobacco necrosis virus. *J. Gen. Microbiol.*, **14**, 366-70.

MOLISCH, H. (1931), Mikrochemie der Pflanze. Verlag Fischer., Iéna.

PRIANISHNIKOV, D. (1951). Nitrogen in the life of plants. Kramer Bus. s. Inc., Madison U.S.A. (traduit du russe).

RAGETLI, H. (1957). Onderzoekingen over een virusremstof voorkomend in *Dianthus caryophyllus L.*. *T. Pl. ziekten.* **63**, 245-344.

RUHLAND, W. et WETZEL, K. (1926). Zür Physiologie der organischen Saüren in grünen Pflanzen. I. Vechselbeziehungen in Stickstoff und Saürestoffwechsel von *Begonia semperflorens. Planta*, **1**, 558-564.

SEMAL, J. (1960). Contribution à l'étude des virus du *Begonia*. Étude de quelques isolements effectués à partir de *Begonia tuberhybrida. Bull. Inst. Agr. St. Rech. Gembloux*, **28**, 199-216.

STANLEY, W. (1935a) Chemical studies on the virus of tobacco mosaic. III. Rates of inoculation at different hydrogen-ion concentration. *Phytopath.* **25**, 475-492.

STEERE, R (1955). Concepts and problems concerning the assay of plant viruses. *Phytopath.* **45**, 196-208.

VAN DIE, J. (1959). Pressing out leaves with the aid of centrifugal forces. *Proc. Kon. Ak. Wet. Ser. C.* **61**, 454-460.

VAN KOOT Y. et VAN DORST H. (1955). Een nieuwe virusziekte bij komkommers. *T. Pl. ziekten* **61**, 163-164.

YARWOOD, C. (1956). Mechanical transmission of plant viruses. *Adv. in virus Research* IV, 243-278. Acad. Press. Inc., N. Y.

Dosage des acides aminés par chromatoélectrorhéophorèse (*)

(Emploi du réactif de Barrolier)

par Michel Severin, Jean Casimir et Marcel Renard

Dans des travaux antérieurs (1, 2), nous avons montré qu'il était possible d'obtenir, par chromatoélectrorhéophorèse sur papier, une bonne séparation des principaux acides aminés ordinairement rencontrés dans un hydrolysat protéique.

La séparation des acides aminés neutres se réalise au mieux par le couplage suivant :

Chromatographie avec le mélange butanol-acide formique-eau. Electrorhéophorèse à pH 2,4.

Pour les acides aminés basiques, la thréonine et l'acide glutamique, il vaut mieux travailler dans les conditions suivantes : chromatographie au phénol saturé par un tampon phosphaté à pH 5,6.

Electrorhéophorèse, avec le même tampon.

Les spots obtenus étant en général assez ramassés, nous avons pensé que cette technique permettait d'envisager le dosage des acides aminés ainsi séparés et nous avons d'abord mis au point une méthode qui développait la coloration à la ninhydrine d'après la technique de Thompson, Zaccharius et Steward (3), éluait les spots découpés dans l'alcool dilué et déterminait la valeur d'extinction de la solution colorée à 570 mμ au spectrophotomètre de Beckmann. Cette méthode donne de bons résultats mais exige l'utilisation d'une cuve spéciale de développement décrite par les auteurs et que nous avons fait construire (4). L'emploi de cette cuve est imposé par le fait de l'instabilité relative de la coloration obtenue si on traite simplement le chromatogramme par une solution à 2 % de ninhydrine à l'air libre.

Il est clair que l'utilisation d'un réactif donnant une coloration stable à l'air permettrait de se passer de la cuve de Thompson. C'est dans ce but que nous avons testé le réactif de Barrolier (5). En effet, par introduction de $CdCl_2$ directement dans la solution de ninhydrine, le composé coloré instable formé par la réaction de la ninhydrine avec les acides aminés entre

(*) Déposé à la rédaction le 16 novembre 1960.

dans un complexe métallique stable. Ce complexe dans les conditions ordinaires de développement a une teinte rose saumon.

L'application de la méthode au dosage des acides aminés séparés par chromatoélectrorhéophorèse BuOH-HFo-H_2O Tampon à pH 2,1 se fait sans aucune difficulté en s'inspirant des modes opératoires déjà utilisés (1).

Le chromatogramme obtenu est vaporisé avec le réactif et abandonné 24 heures à température ordinaire. Les spots sont alors découpés, pesés et élués avec 10 ml. de méthanol. Après un quart d'heure, la coloration rose saumon du composé métallique est estimée au spectrophotomètre de Beckmann à 509 mμ. Pour chaque feuille, on adjoint un blanc découpé à un endroit de la feuille exempt d'acide aminé, pesé, élué et destiné à corriger l'erreur due à la coloration de fond.

On peut ainsi, à l'aide de solutions de mélanges d'acides aminés en quantité connue (10 mgr. dans 10 ml.), obtenir les valeurs des extinctions aux différentes concentrations permettant de construire les courbes standards (voir aussi 1 pour les détails pratiques). A titre d'exemple, le tableau I donne ces valeurs pour la sérine et la valine :

TABLEAU I

Quantité	5γ	10γ	15γ	20γ
Sérine	0,138	0,247	0,381	0,554
	0,136	0,274	0,388	0,543
	0,136	0,267	0,424	0,500
	0,145	—	0,401	0,558
Moyenne	0,139	0,263	0,400	0,539
Valine	0,123	0,262	0,351	0,498
	0,114	0,258	0,355	0,511
	0,125	0,233	0,355	0,477
	0,135	0,237	0,349	0,493
Moyenne	0,124	0,247	0,352	0,495

Pour la séparation par chromatoélectrorhéophorèse à pH 5,6 une difficulté s'est présentée. En effet, le réactif de Barrollier vaporisé sur de tels chromatogrammes ne donne pas de taches de coloration rose saumon. Les spots prennent une teinte bleue-violette que l'on retrouve d'ailleurs dans l'eluat méthanolique. Cependant, si à cet extrait on ajoute quelques gouttes d'acide acétique glacial, on obtient aussitôt la teinte rose correspondant au

complexe obtenu précédemment. On voit donc que cette teinte n'apparaît qu'à un pH plus acide que 5,6. Quel est le pH minimum ?

L'expérience suivante permet de répondre à cette question. Après révélation dans les conditions normales, 14 spots d'acides aminés sont découpés à partir de chromatogrammes tamponnés à pH 5,6 et introduits dans 14 tubes à essai.

Les tubes 1 et 2 reçoivent 10 ml. de méthanol.
Les tubes 3 et 4 reçoivent 9,9 ml. de méthanol et 0,1 ml. d'HAc.
Les tubes 5 et 6 reçoivent 9,8 ml. de méthanol et 0,2 ml. d'Hac.
Les tubes 7 et 8 reçoivent 9,7 ml. de méthanol et 0,3 ml. d'HAc.
Les tubes 9 et 10 reçoivent 9,6 ml. de méthanol et 0,4 ml. d'HAc.
Les tubes 11 et 12 reçoivent 9,5 ml. de méthanol et 0,5 ml. d'HAc.
Les tubes 13 et 14 reçoivent 9 ml. de méthanol et 1 ml. d'HAc.
Les valeurs de pH lues au pHmètre sont les suivantes (Tableau II) :

TABLEAU II

Tubes	pH	HAc pour 10 ml. de solution
1 et 2	6,2 et 6	0
3 et 4	3,9 et 3,6	0,1 ml.
5 et 6	3,5 et 3,4	0,2 ml.
7 et 8	3,1 et 3,1	0,3 ml,
9 et 10	3,0 et 3,0	0,4 ml.
11 et 12	2,8 et 2,8	0,5 ml.
13 et 14	2,3 et 2,4	1 ml.

La coloration rose du complexe cadmié apparaît dans les tubes 5 et 6 et se forme complètement dans les tubes 7 et 8. La teinte ne varie plus dans les tubes suivants. La teinte rose saumon n'apparaît donc qu'en deça du pH 3,5, en fait pour 0,3 ml. d'HAc pour 10 ml. d'éluat.

Influence de la concentration en HAc sur la coloration

4 chromatogrammes tamponnés à pH 5,6 de concentration identique en acides aminés (10 γ) sont révélés par le réactif de Barrolier de la manière ordinaire. Les spots d'acides aminés sont élués au méthanol contenant des quantités différentes d'acide acétique pour chaque chromatogramme. Les extinctions sont déterminées au spectrophotomètre à 509 m μ.

Le tableau III résume les données et les résultats obtenus :

Tableau III

ac. aminés 10 γ / Éluant	9,7 ml MeOH 0,3 ml HAc	9,5 ml MeOH 0,5 ml HAc	9,25 ml MeOH 0,75 ml HAc	9 ml MeOH 1 ml HAc
Ornithine	0,138	0,134	0,134	0,141
Lysine	0,114	0,114	0,100	0,112
Arginine	0,096	0,090	0,100	0,104
Thréonine	0,140	—	0,150	0,157
Ac. glutamique	0.144	0.153	0.155	0 149

Aucune différence significative n'apparaît. On peut donc en conclure que la quantité d'acide acétique est sans influence sur l'intensité de la coloration, pour autant que la quantité ajoutée soit suffisante pour en provoquer l'apparition.

Stabilité de la coloration

Les spots d'un chromatogramme sont élués avec 9,5 ml de méthanol et 0,5 ml de HAc. Les extinctions sont estimées au spectrophotomètre à 509 mμ après 1/2, 3 et 4 heures.

Les résultats sont résumés dans le tableau IV :

Tableau IV

Acides aminés 10 γ	Extinctions lues après 1/2 heure	3 heures	4 heures
Ornithine	156	164	150
Lysine	140	134	136
Arginine	130	124	134
Thréonine	186	180	180
Ac. glutamique	166	160	156

On peut en tirer la conclusion que le maximum de coloration est rapidement atteint et que la stabilité de la coloration est amplement suffisante pour que sa mesure se fasse sans difficultés.

Tout ceci permet de fixer le mode opératoire suivant pour le dosage des acides aminés séparés par chromatoélectrorhéophorèse phénol à pH 5,6 Tampon à pH 5,6.

Les chromatogrammes sont vaporisés avec le réactif de Barrolier de la manière ordinaire et abandonnés 24 heures à la température ordinaire. Les

spots sont découpés, pesés puis élués par 9,5 ml. de méthanol auxquels on ajoute 0,5 ml. d'HAc. La coloration est estimée au spectrophotomètre à 509 mμ.

De nouveau, à l'aide de solution d'acides aminés de concentration connue (10 mgr. dans 10 ml.) on peut obtenir les extinctions permettant de tracer les courbes standards.

A titre d'exemple, le tableau V donne ces valeurs pour l'acide glutamique et la thréonine :

TABLEAU V

Quantités	10γ	15γ	20γ	30γ
Ac. glutamique	0.155	0,240	0,331	0 529
	0.157	0.245	0.350	0.549
	0.155	0.251	0.359	0.538
	0.154	0.246	0.366	0.548
Moyenne	0.155	0.246	0.351	0.541
Thréonine	0.175	0.266	0.386	0.582
	0.181	0.251	0.378	0.575
	0.169	0.257	0.390	0.596
	—	0.249	—	0.579
Moyenne	0.175	0.256	0.384	0.583

Précision de la méthode

Nous avons appliqué cette méthode au dosage de l'acide glutamique dans une substance isolée par notre laboratoire à partir du champignon *Xerocomus badius* (6). Cette substance, dont nous avons établi la structure, est la N éthyl γ glutamine :

$$C_2H_5\text{-}NH\text{-}CO\text{-}CH_2\text{-}\underset{\underset{NH_2}{|}}{CH_2}\text{-}COOH$$

La substance (50 mgr.) est hydrolysée par HCl 6N en tube scellé à 110° pendant 24 h. L'hydrolysat est évaporé sur P_2O_5 en exsiccateur à vide et repris par 50 ml. d'eau distillée. L'acide glutamique est séparé par chromatographie monodimensionnelle au butanol-acide formique-eau.

La courbe de calibrage est obtenue à partir d'une solution aqueuse d'acide glutamique à 0,1 %. Des quantités de 5, 10, 15 et 20 γ d'acide glutamique sont appliquées en même temps que la substance sur le même chromato-

gramme. Les valeurs des extinctions permettant de construire la courbe standard sont données dans le tableau VI :

TABLEAU VI

5γ	10γ	15γ	20γ
0.101	0.200	0.298	0.380
0.102	0.196	0.309	0.398
0.104	0.194	0.281	0.378
0.109	0.198	0.294	0.392
M=0.104	M= 0.197	M= 0.295	M= 0.387

La mesure des extinctions fournies par l'hydrolysat (0.332 pour 20 γ de substance) conduit à calculer pour la substance un % en résidu d'acide glutamique de 75 %, la valeur théorique étant 74,7 %. La précision de la méthode paraît donc très bonne.

Reproductibilité

Cet essai a été fait sur plusieurs acides aminés isolés d'un hydrolysat d'ensilage de luzerne en répétant 9 fois l'opération.

Voici les résultats se rapportant à l'alanine :

Extinction :	0.621	0.585	0.583	0.605	0.602	0.614
Quant. en γ :	19.1	18.1	18.0	18.6	18.5	18.9
Extinction :	0.586	0.604	0.605			
Quant. en γ :	18.0	18.6	18.6			

Comme on le voit, toutes les valeurs oscillent entre 18 et 19 γ ; la reproductibilité paraît donc aussi très bonne.

En conclusion, l'utilisation du réactif de Barrolier fournit des résultats au moins aussi précis et aussi reproductibles que ceux donnés par la technique de THOMPSON. Elle apporte d'autre part une simplification importante au mode opératoire puisqu'il ne faut plus aucun appareillage spécial. Sans doute le temps de séchage du chromatogramme après vaporisation est nettement plus long, mais ce désavantage n'est cependant qu'apparent car la simplification des manipulations permet d'augmenter le nombre d'analyses journalières dans de notables proportions.

BIBLIOGRAPHIE

1) GERLAXHE, S. et RENARD, M. 1954. *C. R. du 27e Congrès Int. Chim., Ind.* 3. 509
2) GERLAXHE, S. CASIMIR, J. et RENARD, M. 1957. *Bull. Soc. Chim. Belg.*, **66**, 251.
3) THOMPSON J. F., ZACHARIUS R. M. and STEWARD F. C. 1951. *Plant Physiology* **26**, 375.
4) RENARD, M. BAUDART, E. GERLAXHE, S. et CASIMIR, J. 1958. *C. R. du* **31e** *Congrès Int. Chim. Ind. Liège*, septembre 1958.
5) BARROLIER, J. 1955. *Naturwis.* **14**, 416.
6) CASIMIR, J. JADOT, J. et RENARD, M. 1960 *Biochim. Biophys. Acta*, **39**, 462.

RÉSUMÉ

Le dosage des acides aminés ordinairement rencontrés dans un hydrolysat protéique est fortement simplifié en substituant pour la révélation le réactif de Barrolier au réactif simple à la ninhydrine, la révélation peut en effet alors se faire à l'air libre.

Le mode opératoire se présente comme suit :

Après séparation par chromatoélectrorhéophorèse sur papier, les acides aminés sont révélés par le réactif de Barrolier. Les spots sont alors découpés, pesés et élués avec 10 ml. de méthanol (ou 9,5 ml. de méthanol + 0,5 ml. d'acide acétique). La solution colorée obtenue est passée au spectrophotomètre de Beckmann à 509 mμ.

A partir de solutions d'acides aminés de concentration connue, on obtient les courbes standards nécessaires au dosage.

LABORATOIRE DE PHYTOVIROLOGIE (I.R.S.I.A.)

Remarques et observations concernant la transmission mécanique des virus des végétaux

par Ghislaine Sommereyns (*)

Une affection à caractère virologique se transmet d'une plante à une autre de diverses façons, le plus fréquemment, par la greffe, par l'intermédiaire des Arthropodes ou au moyen d'une inoculation mécanique.

Un certain nombre de virus sont transmissibles par chacun de ces trois modes et ils le sont presque tous par la greffe. Par contre, il en existe pour lesquels, jusqu'ici, on n'a pas trouvé de vecteur animal et d'autres encore que l'on n'est pas parvenu à inoculer mécaniquement. Ajoutons que les infections virales peuvent se transmettre également par les organes servant à la reproduction végétative tels que : boutures, bulbes, tubercules, rhizomes, stolons, etc.. En outre, il existe quelques transmissions à caractère plutôt accidentel ; ce sont celles qui s'effectuent par l'intermédiaire du sol, de l'air, de l'eau et aussi par le contact d'organes végétaux entre eux ou avec des objets contaminés. On a signalé aussi quelques cas de transmission par la graine ou par le pollen.

Au cours des considérations qui vont suivre, nous n'envisagerons que le procédé artificiel qui consiste à transmettre un virus par inoculation mécanique de jus infecté. Quelques facteurs déterminant sa réussite seront développés, en particulier ceux que nous avons été amenée à étudier au cours d'essais concernant des virus de la pomme de terre.

*
* *

Parmi les virus des plantes, quarante pour cent environ sont susceptibles d'être inoculés artificiellement à un végétal, à condition d'utiliser à

(*) Déposé à la rédaction le 3 novembre 1960.

cet effet un procédé mécanique convenable, tel que le frottement, la pulvérisation, l'injection ou la piqûre.

Le frottement est le procédé de loin le plus courant. Il consiste à introduire, par friction dans les organes épigés de la plante à infecter (généralement les feuilles), un inoculum contenant le virus en suspension. On se sert dans ce but du doigt, d'une spatule ou d'une mousseline. L'inoculum est généralement préparé à partir d'une feuille de la plante, source du virus envisagé.

Il existe d'autres variantes de ce procédé. Parmi celles-ci, citons celle qui consiste à frotter la surface à inoculer avec l'arête vive d'un petit tampon constitué de disques superposés, découpés dans du tissu foliaire provenant d'une plante infectée. Cette manière de faire convient particulièrement aux virus fragiles. Passant directement de la plante-source à la plante à infecter, ils restent à l'abri des détériorations dues aux manipulations. YARWOOD (69) a utilisé avec succès ce procédé pour la transmission du « spotted wilt » de la tomate et d'une virose du pommier.

Une autre technique d'inoculation par jus, mise au point par ce même auteur (70), consiste à frotter une feuille de la plante-source à l'aide d'une brosse que l'on transporte ensuite rapidement sur la surface à inoculer. Elle s'est révélée efficace là où la source possédait des feuilles velues. L'auteur présume dans ce cas que les poils foliaires contiennent l'agent infectieux en grande quantité. Cette hypothèse s'est d'ailleurs vérifiée pour le virus de la mosaïque du tabac (44, 47).

Nous avons utilisé ces deux derniers procédés au cours d'essais de transmission par jus de viroses d'arbres fruitiers à des plantes herbacées.

Des essais d'inoculation de virus X de la pomme de terre ont été effectués avec succès par pulvérisation de jus infectieux sur de jeunes plantes de *Datura stramonium* L. et des semis d'hybrides de pomme de terre (50). L'inoculation artificielle par injection hypodermique de préparation virosée s'est montrée efficace pour transmettre un virus du maïs et celui de la mosaïque de l'iris (54). Cette dernière façon de procéder a été aussi utilisée au cours de tentatives de transmission artificielle du « rattle virus » du tabac à des bulbes de tulipe (63).

Les travaux qui concernent la transmission par pulvérisation et par injection ont été surtout entrepris dans le but de définir le rôle des stomates, des trichomes et de certains tissus dans le processus de contamination par jus. Notons à ce sujet que ni les stomates, ni les trichomes ne paraissent être très importants en ce qui concerne l'introduction du virus dans la plante ; par contre, la présence de blessures de l'épiderme paraît essentielle à cette fin.

Enfin, quelques virus ont été transmis mécaniquement par piqûre de tissus végétaux à l'aide d'aiguilles souillées de jus infecté. De cette manière,

ont été inoculés le virus du « curly top » de la betterave (53), celui du « yellow dwarf » de la pomme de terre (54) et celui de la mosaïque de la canne à sucre (40, 42). L'« alloiophylly virus » de l'anémone a été inoculé mécaniquement en piquant des rhizomes immergés dans du jus virosé filtré (36, 37).

*
* *

La réussite de la transmission mécanique dépend d'une série de facteurs dont l'influence peut se manifester soit sur la plante à infecter soit sur l'inoculum.

Dans le premier cas, le complexe de facteurs peut modifier dans une plus ou moins grande mesure la réceptivité du végétal au virus. Dans le second, il peut agir sur les particules de virus elles-mêmes.

Avant d'énumérer les facteurs envisagés, rappelons tout d'abord que l'on qualifie de « réceptivité » l'aptitude d'une plante à contracter l'infection déterminée par un virus. Par opposition, un végétal est dit immun à cet égard quand il ne se laisse pas contaminer. On utilise le terme « susceptibilité » de la plante pour traduire la façon dont elle réagit à l'invasion de ses tissus par l'agent infectieux. Si elle le fait en formant des lésions graves mais localisées, on dit qu'elle est hypersensible ; si des symptômes systémiques plus ou moins intenses apparaissent, la plante est dite plus ou moins sensible ; enfin, si aucun signe d'infection ne se montre alors que le virus est présent, la plante est dite tolérante (*).

Il est souvent difficile d'établir une limite nette entre les facteurs qui influencent la plante et ceux qui agissent sur l'inoculum. En conséquence, nous les avons classés de la façon suivante :

1) facteurs concernant l'aspect extérieur du végétal au moment de son inoculation : état de développement de la plante et choix de la feuille à inoculer.

2) facteurs se rapportant à l'ambiance dans laquelle le végétal se développe : ombrage préalable à l'inoculation et nature de la lumière fournie à la plante,

3) facteurs concernant le choix de l'espèce végétale à infecter et de la plante-source à utiliser : présence d'inhibiteurs et concentration du virus.

4) facteurs agissant mécaniquement ou chimiquement sur la plante ou sur le virus : substances abrasives et réductrices.

(*) Les problèmes concernant la susceptibilité de la plante et la multiplication du virus dans ses tissus seront traités ultérieurement.

1. Aspect extérieur du végétal

Nous avons considéré dans ce cas l'influence du développement de la plante et du choix de la feuille à inoculer sur la réceptivité du végétal.

a) Développement de la plante au moment de son inoculation

La tradition recommande de choisir, pour être inoculées, des plantes jeunes et vigoureuses. Toutefois, dans certains cas, suivant le but poursuivi, on procède dans d'autres conditions bien déterminées. Ainsi, Hutton (32), qui a étudié la formation de nécroses dues au virus Y de la pomme de terre chez cette Solanacée, a inoculé aux stades précédant et suivant la floraison. D'autre part, Corbett (18, 19) a observé que la réponse d'hybrides de pomme de terre à l'inoculation mécanique n'est valablement indicatrice de leur réaction à l'infection naturelle que lorsque l'inoculation se fait sur de très jeunes plantes ou de jeunes feuilles de vieilles plantes. Hutton et Peak (33) ont signalé que *Nicotiana tabacum* L. réagit différemment à l'infection du virus X de la pomme de terre suivant le stade de développement des plantes au moment de l'inoculation. Les jeunes plantes sont entièrement envahies par le virus tandis que celles qui sont à proximité de la floraison, ou à ce stade, résistent à une invasion systémique.

Au cours de nos travaux sur les virus A, X et Y de la pomme de terre, nous avons toujours réussi à transmettre facilement ces virus à certaines de leurs plantes-tests, en choisissant celles-ci à un stade précoce de leur développement. Cependant, pour des raisons pratiques, nous avons dû rechercher dans quelle mesure l'âge de la plante avait une incidence sur sa réceptivité au virus, sur la rapidité d'apparition et sur l'expression des symptômes.

Les essais exécutés concernent donc les virus A (*), X(**) et Y (***) de la pomme de terre, conservés chez *Nicotiana tabacum*, variété Samsun, et quelques-unes de leurs plantes-tests : *Nicotiana tabacum*, variété Samsun, *Datura stramonium* et *Physalis floridana* Rydb..

Un système de culture approprié nous a permis de disposer à un moment donné de lots de plantes de divers âges appartenant à ces espèces. Le tableau n° I donne quelques détails sur l'état de développement de plantes de *Nicotiana tabacum* d'après leur âge.

(*) Souche reçue du Dr. R. Bartels, de Braunschweig, République fédérale allemande.
(**) Souche isolée de pommes de terre de la variété Katahdin.
(***) Souche isolée de pommes de terre de la variété Bintje.

TABLEAU I

Mensurations de plantes de tabac d'âges différents

Age de la plante (*) /jours	Mensurations : moyenne sur 30 plantes		
	Hauteur /cm	Nombre de feuilles	Dimensions des feuilles /cm
22	16	7-8	15,5 × 11,0
15	8,5	6	9,0 × 7,0
8	4,8	4-5	5,0 × 3,7
2	3,0	4	3,1 × 2,2

(*) Age estimé en nombre de jours écoulés depuis le repiquage en pot jusqu'au moment de l'inoculation.

Les plantes ont été inoculées par jus en frottant les jeunes feuilles à l'aide du doigt trempé dans l'inoculum, en présence ou en absence de poudre abrasive.

Les résultats d'essais effectués en avril, juillet et octobre, ont montré que le développement atteint par la plante au moment de son inoculation ne semble pas avoir eu de répercussion sur sa réceptivité au virus, du moins pour le matériel étudié et dans les limites que nous avons choisies. Les quelques cas d'exception qui se sont présentés, en ce qui concerne la réussite des transmissions du virus X à des plantes de tabac et de *Datura* d'environ un mois d'âge, ne nous paraissent pas suffisamment significatifs pour que nous puissions en tenir compte. Néanmoins, nous pouvons faire un rapprochement avec ce qui a été signalé par HUTTON et PEAK (33).

Nous avons observé également que le symptôme d'éclaircissement des nervures dû aux virus A et Y sur tabac apparaît plus rapidement et plus distinctement sur les plantes les plus âgées au moment de l'inoculation (un mois de repiquage en pot). Par contre, nous avons rencontré assez bien de difficultés à interpréter la nécrose provoquée par le virus X chez des tabacs de cet âge, alors que ce symptôme apparaît nettement lorsque l'inoculation est pratiquée sur des plantes plus jeunes.

Néanmoins, nous admettons dans l'ensemble, à la lumière de ces quelques essais, que l'âge des plantes, que ce soient *Nicotiana sp.*, *Datura sp.* ou *Physalis sp.* dans les limites de 2 à 30 jours de repiquage, n'a pratiquement pas de répercussion sur la réussite des inoculations mécaniques par jus des virus A, X et Y de la pomme de terre. Nous avions déjà observé le fait lors d'essais d'inoculation artificielle de virus Y à des plantes de pomme de terre de la variété Bintje (55).

b) Choix de la feuille à inoculer

Lors de ce précédent travail (55), nous avions mis l'accent sur l'importance du choix de la feuille à inoculer pour la détermination du caractère d'hypersensibilité d'hybrides de pomme de terre au virus Y. Corbett (18, 19) avait observé que l'inoculation mécanique ou biologique de vieilles feuilles de pomme de terre ne provoquait que des réactions localisées ne se généralisant pas. Il avait attribué le phénomène, d'une part au mouvement lent du virus et d'autre part à la chute des feuilles inoculées. Par contre, la réaction était apparue comme étant systémique au champ, après inoculation naturelle par pucerons. On peut donc en conclure que le comportement des hybrides au champ ne peut être prédit avec certitude qu'après une inoculation en serre d'expérimentation de très jeunes plantes ou de très jeunes feuilles de vieilles plantes. Köhler (38), qui a étudié la migration des virus X et Y dans des plantes de *Nicotiana tabacum*, a notamment constaté que la propagation du virus X au sein des tiges de vieilles plantes est très lente quand l'inoculation a eu lieu sur une vieille feuille située au bas de la tige. Ce virus atteint le sommet de la plante beaucoup plus lentement que le virus Y. L'auteur a suggéré que cette différence de comportement peut s'expliquer par la présence d'un facteur d'inactivation spécifique contenu dans un tissu conducteur de la plante ; d'autres virus ne seraient pas touchés par ce facteur.

De notre côté, nous avions également recherché quelle pouvait être l'influence de l'âge de la feuille inoculée sur la réussite des inoculations et sur l'expression des symptômes, en ce qui concerne le virus Y chez la pomme de terre de la variété Bintje (55). A la suite de ces essais, nous avions conclu que le succès de la transmission par jus et l'apparition d'une mosaïque généralisée étaient tous deux indépendants de l'âge de la feuille traitée, du moins en ce qui concerne des plantes ayant un mois d'âge environ. Cependant, il est possible que dans ce cas les feuilles choisies étaient encore suffisamment jeunes pour que l'infection se répande dans tout le végétal.

Ce type d'investigation a été repris. Le matériel expérimenté a été le même que celui utilisé précédemment, c'est-à-dire les virus A, X et Y de la pomme de terre, mais chez *Nicotiana tabacum* seulement.

Des plantes de tabac ayant atteint le même développement foliaire (trois étages de feuilles suffisamment développées pour être inoculées par frottis) ont été infectées des virus A, X et Y. L'opération a été réalisée chaque fois sur deux feuilles, respectivement les plus jeunes, les feuilles moyennes et les plus âgées.

Les résultats ont montré qu'en ce qui concerne les virus A et Y, la réceptivité des plantes de tabac n'est pas influencée par le choix de la feuille sur laquelle le frottis est exécuté ; toutes les plantes ont extériorisé les

symptômes caractéristiques, respectivement 7 et 3 jours après l'inoculation. Ceux-ci ne sont toutefois pas apparus sur les feuilles existantes lors du traitement, mais sur les nouvelles formées entretemps.

Les résultats furent différents pour le virus X. Des symptômes ne sont apparus que chez 25 % des plantes inoculées sur leurs feuilles les plus âgées, chez 75 % de celles inoculées sur leurs feuilles moyennes mais chez 100 % de celles inoculées sur les plus jeunes. En général, les nécroses caractéristiques se sont montrées en premier lieu sur les feuilles traitées et les symptômes ne se sont généralisés que plus tard. Chez les plantes n'ayant pas présenté des symptômes, l'examen sérologique s'est révélé négatif.

Il apparaît donc que, dans les limites données, la réceptivité des plantes de tabac aux virus A et Y ne dépend pas du choix de la feuille sur laquelle on exécute le frottis. Toutefois, une telle conclusion ne peut s'appliquer au virus X ; dans ce cas, les feuilles âgées sont moins réceptives à ce virus que les plus jeunes.

2. Ambiance fournie au végétal

Nous avons considéré ici ce que différentes conditions de luminosité offertes à la plante avant et après son inoculation pouvaient avoir comme conséquence sur sa réceptivité au virus.

a) Ombrage préalable à l'inoculation

Il est bien connu des virologistes qu'une période d'ombrage préalable à l'inoculation est en général favorable à la pénétration et à l'établissement du virus dans la plante. De plus, ce traitement a souvent l'avantage d'augmenter la susceptibilité du végétal à l'égard du virus.

Le phénomène résulterait d'une augmentation de la fragilité des tissus foliaires ou plutôt d'une modification des produits de la photosynthèse (9).

On a tenté d'établir une relation entre l'action de l'ombrage et la concentration dans la plante de composés azotés (31) et d'acides organiques (67). Le peu de conclusions retirées montre combien le problème est complexe et malaisé à résoudre.

D'après certains auteurs, l'ombrage préalable à l'inoculation est nécessaire au succès de la transmission par jus des virus de la jaunisse de la betterave (35) et de la rosette de l'arachide (11, 58). Cependant, en ce qui concerne ce dernier virus, Vanderveken (61) et Verhoyen (65) ne sont pas parvenus à en réussir la transmission mécanique à des plantes d'arachide étiolées par un séjour de 48 à 120 heures à l'obscurité. De notre côté, nous avons utilisé l'ombrage préalable à l'inoculation aux fins de faciliter la

transmission par jus du virus Y à la pomme de terre ; nous avons pu de cette façon augmenter le pourcentage de réussites dans certaines conditions (55).

En général, on ombrage les plantes à inoculer dans les cas où la transmission est difficile. Enfin, il est recommandé d'opérer de cette manière avant de procéder à une extraction de jus de plantes infectées dans le but d'effectuer un isolement de virus. Il semble que les jus extraits ainsi, contenant moins de substances normales, conviennent mieux à une bonne purification.

b) Éclairement fourni aux plantes

Nous avons souvent éprouvé des difficultés à interpréter les symptômes et les résultats d'examens sérologiques de plantes de *Nicotiana tabacum* porteuses de virus A ou Y de la pomme de terre et qui avaient été maintenues en cours de végétation sous un éclairage artificiel produit par des tubes fluorescents.

D'autre part, Roland (49, 50) a constaté que, dans des conditions semblables, les virus de la mosaïque du concombre et sa variante jaune ainsi qu'un virus nécrosant cessent de se multiplier dans les plantes de tabac.

Ces observations nous ont amenée à conclure qu'il faut être prudent dans le choix des conditions d'éclairage à offrir aux plantes virosées ; le problème se pose surtout pendant les mois d'hiver où la luminosité naturelle ne suffit pas en général à l'obtention de plantes normalement développées.

Aussi, avons-nous étudié de plus près ces phénomènes afin de nous rendre compte des répercussions que pouvait avoir un éclairage artificiel sur le comportement de plantes atteintes d'une virose.

Nous avons utilisé des plantes de *Nicotiana tabacum* et des tubes fluorescents du type Phytor selon le dispositif décrit précédemment (55). Les tabacs ont été soumis à trois effets de photopériodisme, définis de la façon suivante : effet « jours longs », avec éclairement de 5 à 21 heures, effet « jours courts », avec éclairement de 8 à 16 heures et enfin, effet « éclairement continu », c'est-à-dire sans interruption. De plus, un lot de plantes de tabac qui a servi de témoin a été disposé en serre, dans les conditions de luminosité naturelle du moment (mois de juin).

Les plantes ont été infectées avec les trois virus de la pomme de terre, A, X et Y. Elles ont été placées sous lumière artificielle ou naturelle, suivant le cas, avant et après leur inoculation.

Des plantes de tabac, qui n'ont pas été inoculées, ont été placées également dans chacune des conditions précitées. De cette façon, on a pu faire la distinction entre les symptômes virologiques et ceux qui n'étaient dus qu'à un effet de la lumière utilisée.

Nous avons recherché la présence des virus dans les plantes par symptomatologie et par sérologie.

Les feuilles de tous les tabacs inoculés et cultivés en serre ont présenté les symptômes normaux dus aux virus A, X et Y. Dans le cas du premier et du troisième de ceux-ci, elles ont extériorisé de l'éclaircissement et du liseré des nervures, dans le cas du deuxième, elles ont montré des anneaux et des lignes nécrotiques caractéristiques.

Toutes les plantes soumises à l'effet dit « jours longs » avaient un feuillage vert foncé. Ce fait a rendu la détection des virus A et Y fort délicate. De même les nécroses provoquées par le virus X avaient un aspect inhabituel.

Les feuilles de l'ensemble des tabacs cultivés sous un éclairage dit « jours courts » se sont caractérisées par une chlorose plus ou moins prononcée. Les symptômes dus aux virus y étaient peu intenses et difficiles à interpréter.

Toutes les plantes éclairées de façon continue ont montré de l'éclaircissement des nervures, aussi bien celles infectées avec les virus A, X et Y que celles faisant partie du lot n'ayant pas été inoculé. Les nécroses dues au virus X apparaissaient d'une façon peu nette également.

L'examen sérologique du jus des plantes inoculées et disposées sous éclairage artificiel a montré que la réceptivité aux virus X et Y avait été satisfaisante, mais qu'elle avait été très mauvaise en ce qui concerne le virus A. Il est possible toutefois que le virus se soit installé dans le végétal au début de l'infection, mais que par la suite il ait disparu ou tout au moins que sa concentration dans la plante ait fortement diminué, au point qu'elle soit tombée en-dessous des limites de détection.

La différence de comportement de ces trois virus indiquerait qu'ils ne sont pas tous pareillement sensibles aux conditions de l'éclairage reçu par la plante qui les héberge ou bien aux modifications apparues chez cette dernière du fait de ces divers traitements.

En effet, Roland (50) a observé que certaines sources du virus de la féverole et de celui de la mosaïque du concombre, variante chrysanthème, se conservent très bien respectivement chez des plantes de *Vicia faba* L. et de *Nicotiana tabacum* soumises à un éclairage artificiel. Ajoutons également certaines remarques dues à Amici (4) et concernant les virus des mosaïques du tabac et du concombre chez une série de leurs plantes-hôtes. Celles-ci, que ce soit sous éclairage naturel ou sous éclairage artificiel fluorescent (douze heures jour), ont montré en général les mêmes symptômes après leur inoculation. Cependant, cet auteur fait observer que l'incidence de l'infection tend à être plus forte dans les séries de plantes soumises à la lumière naturelle.

3. Choix de la plante-hôte et de la plante-source

Ce choix se réalise bien entendu parmi les espèces végétales supposées susceptibles d'héberger le virus. Il peut être influencé soit par la présence de substances inhibitrices dans les cellules de la plante-hôte ou de la plante-source soit par la concentration du virus dans cette dernière. Nous envisagerons donc ces deux cas séparément.

a) Présence de substances inhibitrices d'infection

Comme le suggère Bawden (12), les substances inhibitrices peuvent se classer en deux catégories : d'une part, celles qui s'opposent à l'infection de la plante et d'autre part, celles qui retardent la multiplication de l'agent infectieux dans le végétal. Les premières, inoculées simultanément avec le virus, inhibent l'établissement de celui-ci dans la plante tandis que les secondes, appliquées à des organes végétaux contaminés ou à contaminer, y retardent la multiplication de l'agent pathogène. Nous n'envisagerons ici que les premières, bien qu'il ne soit pas toujours possible de différencier nettement les deux types de processus.

Les inhibiteurs d'infection ont été beaucoup étudiés, mais leur mode d'action est encore mal connu. Rappelons qu'il existe deux tendances parmi les hypothèses formulées aux fins d'expliquer le phénomène ; l'une suppose une modification de la résistance de la plante-hôte à l'entrée du virus dans ses cellules et l'autre envisage une action directe de l'inhibiteur sur l'agent pathogène.

De plus, deux théories récentes ont été émises concernant l'action des inhibiteurs. La première a été proposée par analogie avec nos connaissances au sujet des bactériophages ; elle introduit le concept de « récepteur » en virologie végétale. Les récepteurs serviraient à fixer le virus au premier stade de l'infection, au moment où la particule de nucléoprotéine introduite va perdre sa gaîne de protéine et où l'acide nucléique, libéré ainsi, va induire la formation de nouvelles particules infectieuses. Les inhibiteurs agiraient soit en bloquant les récepteurs, de telle façon que les particules infectieuses ne puissent plus s'y attacher, soit en éliminant les particules déjà fixées (16). La seconde théorie suppose que la particule de virus se comporterait comme un modèle dans le processus enzymatique au cours duquel de nouvelles particules se forment. Les inhibiteurs abîmeraient ce modèle et empêcheraient la multiplication ultérieure de l'agent infectieux. Ce dernier concept concernerait plus particulièrement les inhibiteurs de multiplication (60). Le précédent serait plutôt lié à la phase première de l'infection, c'est-à-dire à la fixation de la particule au végétal.

Les inhibiteurs d'infection sont fort répandus. Il sortirait du cadre de ce travail d'en établir une liste détaillée. Signalons toutefois qu'on en trouve chez les plantes supérieures, les champignons, les bactéries et même chez certains insectes. Ce sont des sérums, des enzymes, d'autres substances protéiques, etc.. En ce qui concerne l'existence de telles substances chez les plantes supérieures, nous essayerons d'illustrer par quelques exemples leur importance dans le choix des plantes à inoculer ou à prendre comme source d'inoculum.

Ainsi, le jus de plantes d'œillet empêche la transmission du virus de la mosaïque de cette Caryophyllacée de *Dianthus caryophyllus* L. à *Callistephus sp.*, à *Phaseolus vulgaris* L. et à *Nicotiana tabacum* ; il n'y a toutefois pas d'inhibition lorsque la transmission s'effectue de *D. caryophyllus* à *D. caryophyllus* et à *D. barbatus* L. (62). On a montré également que le virus de la mosaïque du dahlia est transmis facilement par frottis de jus de *Zinnia elegans* Jacq. à *Z. elegans* et de *Verbesina encelioides* Benth. & Hook à *V. encelioides*, mais avec difficulté de *Z. elegans* à dahlia ou à *V. encelioides* (17). La transmission mécanique du virus de la mosaïque du concombre de plantes infectées à plantes saines de *Phytolacca decandra* L. est possible mais elle l'est rarement de cette espèce à d'autres, même réceptives (3, 16, 25). Le virus de la mosaïque de la betterave est inoculable par jus, de betterave à betterave, mais non de celle-ci à tabac (29).

Les substances responsables des effets que nous venons de citer sont dites des « inhibiteurs relatifs » par opposition à d'autres, appelées des « inhibiteurs absolus ». Il faut entendre par ces derniers ceux qui interfèrent dans la transmission d'un virus « de » et « à » un même hôte. Les tannins, contenus dans certaines espèces végétales, en fournissent un exemple (62). Ils constituent probablement la cause des échecs rencontrés lors de tentatives de transmission mécanique du virus de la mosaïque du dahlia (20, 39) et des virus du fraisier (8, 21, 64).

L'action de ces tannins à l'égard des virus des végétaux a été étudiée à plusieurs reprises. On a montré qu'ils étaient de puissants agents de précipitation des protéines. Ils seraient responsables de la dénaturation des virus lorsqu'ils sont mis en contact avec ceux-ci, lors du broyage des organes de la plante ; ce qui explique pourquoi les virus contenus dans des végétaux riches en tannins sont difficiles à isoler et à purifier selon les méthodes habituelles.

Afin de contourner les difficultés que l'on peut rencontrer dans des cas semblables, il convient de rechercher des plantes-hôtes réceptives ne contenant pas ces substances inhibitrices. Toutefois, on peut aussi ajouter à l'inoculum des adjuvants, dont le rôle est de s'opposer à leur action. Le sulfate de nicotine et l'alcool éthylique ont été utilisés, avec plus ou moins

de succès selon le cas, afin d'éliminer les tannins contenus dans le jus de certaines espèces, comme le dahlia, le fraisier et le framboisier (20, 21, 22, 59, 64). Le premier est en général utilisé accompagné de bisulfite de sodium et de cyanure de potassium. Le rôle du sulfate est de précipiter les substances tanniques, celui du bisulfite de protéger le virus contre les oxydations éventuelles et celui du cyanure de renforcer l'action du précédent, en bloquant les oxydases et les peroxydases. On a également utilisé certaines argiles dans le but d'éliminer l'action inhibitrice du jus de plantes d'œillet et de haricot à l'égard du virus de la nécrose du tabac. Selon des théories récentes, ces argiles empêcheraient soit le bloquage des récepteurs, soit la détérioration des modèles en les débarrassant des inhibiteurs (60).

Il est encore possible de réduire l'influence des inhibiteurs en diluant l'inoculum. On utilise à cet effet de l'eau, pure ou physiologique, ou encore une solution tampon. Ce procédé aurait non seulement comme effet de réduire la quantité d'inhibiteur dans l'inoculum mais également celui de dissocier la combinaison éventuelle qu'il formerait avec le virus.

Il est possible que certains échecs rencontrés dans la transmission mécanique des virus des arbres fruitiers à des plantes herbacées soient dus à des phénomènes d'inhibition. Des essais actuellement en cours au Laboratoire de Phytovirologie apporteront sans doute une réponse à cette question.

b) Concentration du virus dans la plante-source

Jusqu'à présent, aucune culture de virus des végétaux n'ayant été réalisée *in vitro*, il faut également envisager les qualités de la plante considérée comme source de virus et dans laquelle ce dernier se trouve en plus ou moins forte concentration (*). Celle-ci peut varier selon l'espèce végétale envisagée et le milieu dans lequel elle se trouve. Par exemple, dans un litre de jus de plantes de *Nicotiana tabacum*, de *Lycopersicum esculentum* Mill. et de *Spinacia oleracea* L. infectées du virus de la mosaïque du tabac, on retrouve respectivement 2,0-1,3-0,15 gr de ce dernier (10). D'autre part, la concentration du virus Y de la pomme de terre par kilo de plantes de *Nicotiana glutinosa* L. se chiffre à 12-13 mg en hiver et à 0,5 mg en été (52).

La réussite d'une inoculation mécanique peut dépendre de la concentration du virus dans l'inoculum. Nous l'avons constaté lors d'essais réalisés au cours d'une étude sur la réceptivité de plantes de tabac et de pomme de

(*) A cet égard, il faut noter qu'il est possible dans certains cas de déterminer ou d'estimer la concentration du virus dans l'inoculum au moyen de diverses méthodes : lésions locales, sérologie ou même pesée du virus isolé et purifié à partir d'un poids connu de matière végétale.

terre au virus Y. L'inoculation d'une suspension concentrée de ce dernier entraîne l'infection de ces espèces végétales. Par contre, l'utilisation, dans les mêmes conditions, d'un inoculum dilué cent fois, ne permet pas de constater d'infection chez les plantes de pomme de terre alors que les tabacs se montrent encore très réceptifs. Nos observations confirment celles que BAWDEN a faites à l'occasion d'un essai similaire (10).

La teneur en virus d'un inoculum peut en outre être différente selon l'organe végétal prélevé comme source infectieuse.

Certains auteurs ont étudié la distribution du virus X dans des plantes de pomme de terre atteintes de « frisolée ». Ils ont observé, dans quelques cas, des différences de concentration selon l'organe examiné (13). Dans le même ordre d'idée, MCWHORTER (11) a signalé l'intérêt que présentent les tissus floraux comme source de virus aux fins d'inoculation.

La concentration de virus dans les tissus de la plante peut également varier au cours des différentes phases du développement de cette dernière. Quelques travaux font état d'observations ayant trait à ce phénomène. WETTER (66) a déterminé la teneur en virus S dans le feuillage de plantes de pomme de terre, avant, durant et après la floraison de celles-ci. Il a observé que ce virus était présent en plus grande quantité au moment de l'apparition des fleurs et après celle-ci. BARTELS (7), qui a fait une étude sérologique de la concentration du virus X chez des pommes de terre de la variété Flava, a montré que le titre de ce virus augmentait dans les feuilles supérieures au début de la floraison.

De plus, en général, on observe que la concentration du virus est moindre dans les feuilles les plus âgées. BERCKS et QUERFURTH (13, 14), par exemple, ont montré que la concentration du virus X chez *Nicotiana tabacum* était relativement élevée dans les feuilles moyennes et très basse dans les plus vieilles.

Une remarque s'impose encore en ce qui concerne la concentration du virus dans certaines feuilles ayant réagi à l'infection par des symptômes violents à caractère nécrotique. Au sein des tissus foliaires ainsi détruits, le virus ne peut plus se développer. La teneur en élément infectieux devient trop faible et il s'ensuit que la mise en évidence de ce dernier par des procédés biologiques courants s'avère difficile, si pas impossible. Nous l'avons constaté pour le virus A de la pomme de terre chez *Nicotiana glutinosa* (57). Il se peut toutefois que dans ce cas certains composés anormaux se soient accumulés et aient paralysé l'action du virus lors de son passage de la plante nécrosée à une plante saine qui servira d'indicateur.

Indépendamment des phases de développement, la concentration du virus dans le végétal évolue suivant une courbe déterminée pendant la période qui suit l'inoculation. Ainsi BARTELS (6) a démontré que chez les

plantes de tabac, variétés Samsun et White Burley, la teneur en virus A présente un maximum six semaines après l'inoculation. Par contre, à Gembloux, avec le même virus, nous avons établi que la concentration maximum s'observait 27 jours après l'inoculation chez *Nicotiana tabacum*, variété Samsun, mais déjà après 18 jours chez *Nicandra physaloides* GAERTN. (56). On se rend compte aisément que l'évolution de la teneur en virus de la plante dépend de toute une série de facteurs et qu'il est impossible d'établir de règle générale à ce sujet. Le choix de la période optimale pour le prélèvement d'un inoculum, présentant un maximum de concentration, doit donc, pour bien faire, être l'objet d'une étude préalable.

4. Substances agissant directement sur la plante ou sur le virus

Il existe diverses substances qui, ajoutées à l'inoculum au moment où l'on procède à la transmission, facilitent l'introduction du virus dans le végétal ou bien agissent en prolongeant le pouvoir infectieux de la préparation inoculée. Ce sont d'une part les abrasifs et d'autre part les agents réducteurs.

a) Les substances abrasives

La plupart des virus transmissibles mécaniquement le sont suivant le mode conventionnel qui consiste à exécuter un frottis de jus infectieux sur certaines parties épigées de la plante à contaminer. Nous avons vu qu'il existe plusieurs variantes du procédé. Dans le but d'en améliorer la réussite, on mélange en général une substance abrasive à la préparation à inoculer. Son rôle est d'augmenter la probabilité de pénétration des particules infectieuses en créant de nombreuses mais légères blessures sur la surface traitée.

L'abrasif est soit ajouté directement à l'inoculum soit saupoudré sur les feuilles à frotter. Il peut consister en toute substance fine et pulvérulente : carborundum (siliciure de carbone) et terre à diatomées (33), oxyde d'aluminium, kaolin, noir animal ou végétal (34), ainsi que silice pure (45). Une poudre de carborundum de 300 à 400 « mesh » (*) donne en général de bons résultats. La quantité d'abrasif à utiliser doit être déterminée empiriquement. A titre d'exemple, signalons que nous avons obtenu des résultats satisfaisants pour le virus A de la pomme de terre en ajoutant à 0,1 ml d'inoculum une quantité de 1,0 à 1,5 mg de poudre de carborundum ou de terre à diatomées extra-fine.

(*) C'est-à-dire une poudre qui passe au travers d'un tamis formé de 300 à 400 mailles par pouce.

Il est démontré que l'adjonction d'abrasif favorise la réussite de l'inoculation par jus des virus suivants : mosaïque commune du haricot (45), jaunisse de la betterave (35), mosaïques de la betterave, du chou-fleur, du narcisse et de l'avoine (54).

Personnellement, nous avons eu l'occasion de comparer l'efficacité de quelques abrasifs en ce qui concerne la transmission mécanique du virus A de la pomme de terre à des feuilles détachées de *Solanum demissum* LINDL., sur lesquelles ce virus provoque la formation de lésions locales caractéristiques.

Nous avons choisi des feuilles de *Solanum demissum* de surfaces semblables qui furent inoculées suivant le procédé que nous avons décrit précédemment (56). La source infectieuse était constituée d'une plante de tabac porteuse de virus A. Les substances abrasives essayées étaient des terres à diatomées (1). Les différents échantillons se distinguaient les uns des autres par la nature de leurs éléments constitutifs, plus ou moins aigus ou ronds dans certains cas, amorphes dans d'autres.

Les résultats de ces essais sont repris au tableau n° II. Celui-ci montre que toutes les substances utilisées entraînent une amélioration du résultat si on les compare aux témoins (essais sans abrasif et en présence de carborundum). Toutefois, on voit que la qualité de l'abrasif joue un rôle ; les formes aigües, partant, les plus lacérantes, sont celles qui provoquent l'apparition du plus grand nombre de lésions.

TABLEAU II

Efficacité de certains abrasifs en ce qui concerne la transmission mécanique du virus A à *Solanum demissum*

Nombre de lésions locales par feuille détachée (*)							
		Terres à diatomées					
Sans abrasif	Carborundum (300 à 400 « mesh »)	Formes aigües			Formes rondes	Aspect amorphe	
		Standard Supercel calciné	Hyflo-Supercel calciné + alcali	Filtercel non calciné	Clarcel DIC spécial	Bentonite	Montmorillonite
0,6	9,6	25,6	54,8	49,2	20,2	2,8	1,2

(*) Moyenne des résultats obtenus pour huit feuilles.

(1) Nous remercions Monsieur l'Ingénieur J. TAHON qui nous a fourni ces terres abrasives.

Les conclusions que l'on peut tirer de cet essai concordent dans une certaine mesure avec celles auxquelles sont arrivés Hutton et Peak (33). En effet, ces auteurs ont également constaté l'efficacité de l'Hyflo-Supercel (*) en ce qui concerne la transmission par jus du virus du « spotted wilt » de la tomate à *Nicotiana glutinosa* L. et celle du virus X de la pomme de terre à *Gomphrena globosa* L.. De plus, ces auteurs ont fait remarquer qu'une concentration trop élevée de cette terre dans l'inoculum diminue l'efficacité de l'inoculation mécanique. Ils en ont conclu que cet abrasif pourrait se comporter comme un adsorbant vis-à-vis du virus. Nous noterons à ce sujet que Costa (23) avait établi que le carborundum n'avait pas d'action sur les particules du virus de la mosaïque du tabac. Des préparations infectieuses auxquelles on avait ajouté, pour l'éliminer ensuite, de la poudre abrasive, se sont comportées comme les témoins, c'est-à-dire que le nombre de lésions locales observées sur les plantes-tests fut de même grandeur dans les deux cas.

b) Les substances réductrices

Dans bien des cas, la fragilité du virus est telle que, dès son extraction des cellules végétales qui le contiennent ou peu de temps après, il perd tout pouvoir infectieux. La destruction ou du moins l'inactivation des particules de virus aurait lieu à la suite de phénomènes d'oxydation.

Bald, Samuel et Best (5, 15, 51) ont montré que la vitesse d'inactivation du virus du « spotted wilt » de la tomate s'accélérait quand la préparation qui le contient est soumise à un barbotage d'air ou est mise en présence d'agents oxydants. Par contre, l'addition de corps réducteurs prolonge l'activité de ce virus. Le sulfite de sodium notamment s'est montré très efficace à cet effet ainsi que le chlorhydrate de cystéine, à condition de l'utiliser en milieu neutre. Hildebrand (27) a fait des observations similaires en ce qui concerne l'« internal cork virus » de la patate douce. Hougas (30), lors d'une étude des facteurs affectant la transmission par jus du « potato yellow dwarf virus », a mis en évidence le rôle du chlorhydrate de cystéine. Ce dernier favorise la conservation du virus dans l'inoculum et, partant, la réussite de l'inoculation mécanique de ce virus à *Nicotiana rustica* L. et à *Solanum tuberosum* L.. Utilisant ce même réducteur, Roland (50) a réussi la transmission mécanique à *Nicotiana tabacum* du « tomato spotted wilt virus » contenu dans du jus d'arum infecté. Comme autres exemples de ce type, citons encore ceux du « tobacco streak virus » et du virus de la mosaïque de la laitue. L'inactivation du premier, qui est rapide,

(*) Nous ne possédons pas d'autres précisions sur les caractéristiques de la terre à diatomées utilisée par ces auteurs.

peut être empêchée par addition de divers réducteurs à l'inoculum au moment du broyage des tissus végétaux infectés (26). Diachun et Valleau (24) sont parvenus à le transmettre mécaniquement à des espèces résistantes de *Nicotiana* en utilisant à cet effet du sulfite de sodium. Ainsworth et Ogilvie (2) ont observé que l'inactivation du virus de la mosaïque de la laitue était retardée en présence de ce même réducteur et Hirsch (28) a trouvé que l'efficacité de celui-ci était plus grande lorsqu'il était ajouté avant le broyage du matériel à traiter.

Signalons également que certains auteurs ont utilisé le cyanure de potassium comme adjuvant réducteur ; par exemple, Fulton (26) l'a employé au cours d'une étude de la vitesse d'inactivation du « tobacco streak virus » et Roland (48), lors d'essais de transmission par jus d'un virus provoquant une mosaïque de la chicorée de Bruxelles (*Cucumis* virus 1, var. Witl.).

A côté de ces substances réductrices, d'autres, non réductrices, ont été également préconisées aux fins d'augmenter les chances de réussite des inoculations par jus. A ce sujet, nous citerons uniquement certains phosphates (PO^4HK^2 et PO^4HNa^2). Cependant, il a été démontré que le plus souvent, ces sels augmentaient la susceptibilité des plantes à l'infection (68). Personnellement, nous n'avons jamais pu mettre en évidence l'efficacité d'un de ces phosphates, au cours de tentatives d'infection par jus. Roland (50), également, n'a rencontré que des échecs à ce sujet.

En résumé, en ce qui concerne les cas envisagés ici, les substances qui paraissent les plus intéressantes comme adjuvant semblent être le chlorhydrate de cystéine et le sulfite de sodium, en solution de 0,01 à 0,08 M pour la cystéine (26, 27, 30) et de 0,01 M (24, 26) ou à 0,5 % (1,2) pour le sulfite. Généralement, les tissus végétaux infectés sont broyés en présence de l'agent réducteur. On pourrait aussi mélanger une certaine quantité de ces adjuvants au jus frais, dès qu'il a été extrait de la plante virosée. Cependant, c'est la première façon de procéder que nous appliquons généralement au Laboratoire de Phytovirologie.

Conclusions

Il serait erroné de prétendre avoir cité et commenté ici tout ce qui a trait aux facteurs agissant de près ou de loin sur la réceptivité d'une plante à l'infection virale. Nous nous sommes limitée aux principaux d'entre eux et surtout à ceux auxquels nous nous sommes heurtée au cours de travaux sur l'inoculation mécanique des virus de la pomme de terre.

A ce sujet et au point de vue pratique, il ne semble pas falloir rejeter à priori une plante à inoculer parce qu'elle a atteint un certain développement

foliaire ; des plantes assez âgées peuvent encore se montrer réceptives à certains virus. Bien qu'il soit trop tôt pour généraliser, nous espérons pouvoir vérifier cette conclusion dans d'autres cas. L'apparition rapide de symptômes intenses dus aux virus A et Y chez des plantes de tabac d'un certain âge pourrait fournir un moyen biologique d'identification différentielle de variantes de ces virus ; les conditions qui ont été décrites paraissent favorables à l'extériorisation des signes d'infection. D'autre part, bien que le tabac soit reconnu hôte très réceptif au virus X, il semble que, dans certaines conditions inhérentes au choix de la feuille à inoculer, on puisse s'exposer à des échecs dans la transmission.

Les résultats des expériences réalisées sous éclairage conditionné ont confirmé ceux obtenus antérieurement, à savoir, difficultés d'interprétation des symptômes et des observations sérologiques. Il serait intéressant et utile à la fois de rechercher d'autres conditions d'éclairage permettant de conserver au mieux les plantes qui nous servent de sources infectieuses durant les mois d'hiver, du moins pour les virus A, X et Y de la pomme de terre et celui de la mosaïque du concombre.

Le fait que la réceptivité d'une plante à un virus est influencée dans certains cas par la concentration de ce dernier dans l'inoculum peut avoir des conséquences sur la détermination de données caractéristiques : température d'inactivation, limite de dilution, etc.. Il est évident en effet que les valeurs obtenues peuvent varier selon le choix de la plante indicatrice à l'aide de laquelle on détecte la présence de particules actives. Il en découle la nécessité d'établir des conditions expérimentales soigneusement définies si l'on veut comparer ses données avec celles d'autres laboratoires.

Il ressort de l'ensemble des considérations sur la transmission des virus des végétaux par inoculation mécanique de jus infecté qu'il n'est pas possible de décrire un processus idéal et unique répondant à toutes les exigences que chaque virus et chacune de ses plantes-hôtes déterminent. On pourrait même dire que chaque cas de transmission demande son propre mode opératoire. Cependant, il résulte des travaux que l'on a exécutés jusqu'à présent que l'on est averti, dans une certaine mesure, des difficultés susceptibles de se présenter, de leur cause probable et également des moyens dont on dispose pour les surmonter.

BIBLIOGRAPHIE

(1) AINSWORTH, G. C. 1936. *Nature*, 137, p. 868.
(2) AINSWORTH, G. C. & OGILVIE, L. 1939. *Ann. appl. Biol.*, 26, p. 279.
(3) ALLARD, H. A. 1918. *Phytopath.*, 8, p. 51.
(4) AMICI, A. 1959. *Ric. sci.*, 29, p. 991.

(5) Bald, J. G. & Samuel, G. 1934. *Ann. appl. Biol.*, 21, p. 179.
(6) Bartels, R. 1954. *Phytopath. Z.*, 21, p. 395.
(7) Bartels, R. 1955. *Phytopath. Z.*, 24, p. 421.
(8) Bawden, F. C. & Kleczkowski, A. 1945. *J. Pomol. Hort. Sci.*, 21, p. 2.
(9) Bawden, F. C. & Roberts, F. M. 1948. *Ann. appl. Biol.*, 35, p. 418.
(10) Bawden, F. C. 1950. Plant Viruses and Virus Diseases. Waltham, Mass., U.S.A., 335 pp.
(11) Bawden, F. C. 1951. *Rep. Rothamst. Exp. Sta., 1950*, p. 69.
(12) Bawden, F. C. 1954. *Advances in Virus Research*, II, p. 31.
(13) Bercks, R. 1954. *Phytopath. Z.*, 22, p. 215.
(14) Bercks, R. & Querfurth, G. 1956. *Phytopath. Z.*, 26, p. 35.
(15) Best, R. J. & Samuel, G. 1936. *Ann. appl. Biol.*, 23, p. 759.
(16) Bhargava, K. S. 1951. *Ann. appl. Biol.*, 38, p. 377.
(17) Brierley, P. & Smith, F. F. 1950. *Plant Dis. Reptr*, 34, p. 363.
(18) Corbett, M. K. 1954. *Diss. Abstr.*, 14, p. 1873.
(19) Corbett, M. K. 1955. *Phytopath.*, 45, p. 148.
(20) Cornuet, P., Martin, C. & Limasset, P. 1950. *C.R. Séances Acad. Sci.*, 231, p. 913.
(21) Cornuet, P. 1952. *C.R. Séances Acad. Sci.*, 235, p. 171.
(22) Cornuet, P., Gendron, Y., Limasset, P. & Martin, C. 1953. Atti del IV Congresso Internazionale di Microbiologia, Roma, 6-12 Settembre 1953, vol. 3, sez. IX, p. 389.
(23) Costa, A.S. 1944. *Phytopath.*, 34, p. 288.
(24) Diachun, S. & Valleau, W.D. 1950. *Phytopath.*, 40, p. 128.
(25) Doolittle, S. P. & Walker, M. N. 1931. *J. Agric. Res.*, 31, p. 1.
(26) Fulton, R. W. 1949. *Phytopath.*, 39, p. 231.
(27) Hildebrand, E. M. 1956. *Phytopath.*, 46, p. 233.
(28) Hirsch, V. 1953. Master's Thesis. Dept. of Plant Path., Cornell University, Ithaca, N. Y.
(29) Hoggan, I.A. 1933. *Phytopath.*, 23, p. 446.
(30) Hougas, R.W. 1951. *Phytopath.*, 41, p. 483.
(31) Humphries, E.C. & Kassanis, B. 1955. *Ann. appl. Biol.*, 43, p. 686.
(32) Hutton, E.M. 1948. *Austr. J. of Scient. Res., Ser. B., Biol. Sci.*, 1, p. 416.
(33) Hutton, E.M. & Peak, A.R. 1951. *J. Austr. Inst. Agric. Sci.*, 17, p. 193.
(34) Kalmus, H. & Kassanis, B. 1945. *Ann. appl. Biol.*, 32, p. 230.
(35) Kassanis, B. 1949. *Ann. appl. Biol.*, 36, p. 270.
(36) Klebahn, H. 1931. *Phytopath. Z.*, 4, p. 1.
(37) Klebahn, H. 1936. *Phytopath. Z.*, 9, p. 357.
(38) Köhler, E. 1959. *Phytopath. Z.*, 34, p. 393.
(39) Lepine, P., Croissant, O., Cornuet, P.& Martin, C. 1951. *Ann. Inst. Pasteur*, 80, p. 669.
(40) Liu, H. P. A. 1949. *Rep. Taiwan Sug. Exp. Sta.*, 4, p. 210.
(41) McWhorter, F. P. 1953. *Phytopath.*, 43, p. 479.
(42) Matz, J. 1933. *J. Agric. Res.*, 46, p. 821.
(43) Murayama, D., Yamada, M. & Matsumiya, H. 1953. *Mem. Fac. Agric Hokkaido Univ.*, 1, p. 227.
(44) Nixon, H. L. 1956. *Virology*, 2, p. 126.
(45) Pierce, W. H. & Hungerford, C.W. 1929. *Idaho Agric. Exp. Res. Bull.*, 7.

(46) RAGETLI, H. W. J. 1957. *Tijdschr. Plziekt.*, 63, p. 245.
(47) RAWLINS, T. E., WEIERICH, A. J. & SCHLEGEL, D. E. 1956. *Virology*, 2, p. 308.
(48) ROLAND, G. 1956. *Parasitica*, 12, p. 1.
(49) ROLAND, G., 1957. *Parasitica*, 13, p. 135.
(50) ROLAND, G. Communication personnelle.
(51) SAMUEL, G., BEST, R. J. & BALD, J. G. 1935. *Ann. appl. Biol.*, 22, p 508.
(52) SCHRAMM, G. 1952. *Z. Naturforschung*, 7B, p. 513.
(53) SEVERIN, H. H. P. 1924. *Phytopath.*, 14, p. 80.
(54) SMITH, K. M. 1957. Textbook of Plant Virus Diseases, London, J. & A. Churchill Ltd., 652 pp.
(55) SOMMEREYNS, G. 1957. *Parasitica*, 13, p. 18.
(56) SOMMEREYNS, G. 1959. *Revue de l'Agriculture*, nos 7-8, p. 651.
(57) SOMMEREYNS, G. 1959. *Parasitica*, 15, p. 29.
(58) STOREY, H. H. & RYLAND, A.K. 1955. *Ann. appl. Biol.*, 43, p. 423.
(59) THUNG, T. H. & VAN DER WANT, J.P.H. 1951. *Tijdschr. Plziekt.*,57, p.173.
(60) THUNG, T. H. & DYKSTRA, J. 1958. *Tijdschr. Plztekt.*, 64, p. 411.
(61) VANDERVEKEN, J. 1957-58. Contribution à l'Étude de la Rosette de l'Arachide. Monographie du Laboratoire de Pathologie Végétale, Institut Agronomique de Gembloux.
(62) VAN DER WANT, J. P. H. 1951. *Tijdschr. Plziekt.*, 57, p. 72.
(63) VAN SLOGTEREN, D.H.M. 1958. *Tijdschr. Plziekt.*, 64, p. 452.
(64) VAUGHAN, E.M. 1956. *Tijdschr. Plziekt.*, 62, p. 271.
(65) VERHOYEN, M. 1959. Les viroses de l'Arachide-La Rosette de Yangambi. Monographie de la section de Phytopathologie tropicale, Institut Agronomique de l'Université Catholique de Louvain.
(66) WETTER, C. 1957. *Nachricht. des dtsch. PflSchDienstes*, 9, p. 82.
(67) WILTSHIRE, G.H. 1956. *Ann. appl. Biol.*, 44, p. 233.
(68) YARWOOD, C.E. 1952. *Phytopath.*, 42, p. 137.
(69) YARWOOD, C.E. 1953. *Plant Dis. Reptr*, 37, p. 501.
(70) YARWOOD, C.E. 1957. *Phytopath.*, 47, p. 613.

Livres reçus

Bossard, R. Cultures florales. Paris, J. B. Baillière et Fils, 1960 (nouvelle édition), 424 p. 84 fig.

Nous avons apprécié, en son temps, la première édition de cet ouvrage. C'est sous une présentation toute nouvelle que « Cultures florales » nous propose une importante documentation sur les techniques de la culture moderne, tant de serre que de plein air : ventilation des abris, éclairage et humidification des plantes, lutte antiparasitaire, etc...

La seconde partie de l'ouvrage, plus classique, est consacrée aux principales cultures de pleine terre ou de serre. Ici encore, c'est une documentation abondante, précise et bien illustrée qui nous est offerte dans cet ouvrage, le tout constituant un volume de 424 pages, comportant de nombreux tableaux et 84 figures. E. D.

***

Vessereau, A. Méthodes statistiques en biologie et en agronomie. Paris, Baillière, 1960 (nouvelle édition), 539 p.

Si cette deuxième édition du livre de M. Vessereau ne constitue pas à proprement parler un *nouveau* traité de statistique appliquée, certes, elle ne constitue pas non plus une simple réimpression de l'ouvrage initial. Il s'agit bien d'une « *nouvelle édition entièrement refondue* ».

Dans l'ensemble, les *premiers chapitres* ont été très heureusement modifiés. *Pour le fond*, les bases mathématiques y ont été sensiblement développées, notamment en ce qui concerne les notions de calcul des probabilités, la théorie des intervalles de confiance et des tests d'hypothèses, ainsi que la distribution χ^2 et ses applications. *Pour la forme*, une répartition plus adéquate des matières traitées a permis de constituer des chapitres beaucoup plus homogènes.

Néanmoins, les modifications apportées au début de l'ouvrage ne satisferont pas tous les lecteurs. D'aucuns se demanderont certainement s'il ne fallait pas aller tantôt plus loin (par exemple, en développant davantage la notion de fonction de puissance), tantôt moins loin (par exemple, en ne dissociant pas les tests de comparaison des proportions et les autres applications de la distribution χ^2).

Il en est de même, par ailleurs, en ce qui concerne les principes généraux de l'*analyse de la variance*, dont la nouvelle présentation possède le double inconvénient suivant : d'une part, elle envisage, dès l'abord et sans aucun exemple numérique, un cas fort complexe ; d'autre part, elle constitue une sorte d'enclave dans la partie relative aux principes d'expérimentation et aux plans d'expériences, alors que l'analyse de la variance pourrait s'insérer plus logiquement immédiatement après les tests de comparaison de deux moyennes. L'introduction des différents modèles d'analyse (modèles fixes,

modèles aléatoires, modèles mixtes) aurait d'ailleurs pu faciliter les exposés ultérieurs relatifs à l'analyse des plans expérimentaux faisant intervenir plusieurs facteurs contrôlés.

Pour le restant, les chapitres relatifs aux *plans d'expériences* ont été très avantageusement enrichis. Les dispositifs factoriels font maintenant l'objet de deux chapitres, dont un consacré à la décomposition de la somme de carrés due aux facteurs contrôlés. La méthode du « confounding » est développée tout au long d'un autre chapitre, tandis qu'en outre, deux chapitres nouveaux sont relatifs aux lattices et aux autres plans en blocs incomplets ou en carrés latins incomplets.

Enfin, la présentation des notions de *régression* et de *corrélation* n'a pratiquement pas été modifiée, sauf en ce qui concerne l'analyse de la covariance.

Il faut signaler aussi un plus grand développement des *tables numériques* mais, en contrepartie, on peut regretter l'absence d'index alphabétique des matières traitées et le caractère fort général de la bibliographie : celle-ci permet difficilement au lecteur que la chose intéresserait d'orienter ses recherches dans un domaine particulier.

Mais, quelles que soient les critiques que l'on puisse formuler, cette deuxième édition d'un ouvrage déjà fort apprécié des agronomes rendra certainement des services plus importants encore que la précédente. P. D.

***

Dormal, S. & Thomas, G. Répertoire toxicologique des Pesticides 1960. Duculot, Gembloux, 86 fiches, 120/150 f. suivant couverture.

C'est avec un vif plaisir que nous saluons la sortie de presse du *Répertoire Toxicologique des Pesticides*, établi par Mme Dormal, S. et M. Thomas, G. qui sont, dans notre Pays, des spécialistes reconnus dans le domaine de la Phytopharmacie.

D'autre part, c'est avec un sentiment certain de soulagement que nous avons pris connaissance de ce Répertoire qui, le premier en son genre, met à la portée des utilisateurs des pesticides et des consommateurs des produits de l'agriculture, des données claires et précises concernant la toxicité des produits phytosanitaires. Ceux-ci apparaissent chaque jour plus nombreux sur le marché et trouvent utilisation plus ou moins sage. Leur emploi entraîne la présence, dans les denrées alimentaires d'origine animale et végétale, d'une multitude de résidus de types divers qu'il importe de pouvoir estimer qualitativement et quantitativement. Et l'originalité du travail de Mme Dormal et de M. Thomas réside justement dans le fait qu'ils ont donné aux intéressés le moyen de caractériser sans doute possible les résidus observés quant au danger qu'ils représentent pour le consommateur des produits traités.

Nous sommes, en conséquence, reconnaissant aux Auteurs d'avoir mis à la disposition tant des utilisateurs des pesticides que des toxicologues, médecins et autres, une documentation scientifique du plus haut intérêt, base tant souhaitée et jamais encore trouvée sur laquelle ils pourront s'appuyer à tout instant dans la lutte qu'ils doivent entreprendre contre les dangers d'une utilisation maladroite ou intempestive des produits phytosanitaires.

Il faut d'autre part noter que ce Répertoire a très justement été conçu sous la forme de fiches ; ces dernières permettent un classement et une mise à jour aisés du Répertoire.

Le Dr. J. VAN BENEDEN, Professeur à la Faculté de Médecine de Liège et Président du Conseil Supérieur d'Hygiène, a rédigé une préface très élogieuse et dit entre autres choses :

« L'intelligente construction de ces fiches ne manquera pas de séduire. Edifées dans un ordre logique, elles fournissent, à la suite du nom usuel, du nom chimique et des principaux usages, les données toxicologiques expérimentales glanées dans une très large bibliographie et les données pratiques de nocivité pour l'utilisateur, le consommateur et pour les animaux. Enfin, et c'est là un apport particulièrement précieux, des indications concises rédigées en un style direct permettent, à la fin de chaque fiche, d'être rapidement renseigné sur la thérapeutique la mieux appropriée : à moins que les traitements soient identiques pour chaque produit d'un même groupe, auquel cas une fiche générale parfaitement dressée documentera le lecteur... »

Nous croyons superflu d'ajouter d'autres considérations concernant le Répertoire Toxicologique si ce n'est ce qui suit : il est bon que des lois astreignent l'utilisateur à prendre certaines précautions et lui interdisent l'emploi des pesticides dans telles et telles conditions mais la possibilité de se documenter aisément sur les dangers auxquels il s'expose — et expose le consommateur — contribuera bien davantage, selon nous, a faire respecter doses et époques de traitement adéquates.

Nous joignons nos vives félicitations à celles, nombreuses, déjà décernées aux Auteurs par plusieurs sommités du monde scientifique. N. A.

Bibliographie (*)

Nisen, A. — L'Éclairement en Belgique. Estimation de l'intensité lumineuse naturelle atteignant des surfaces diversement inclinées et orientées. Résultats de calculs théoriques. *Annales des Travaux Publics de Belgique.* III, 1960, pp. 225-240.

Les variations quotidiennes de transparence de l'atmosphère sont malaisées à déterminer avec précision ; de plus, rares sont les périodes ensoleillées pendant lesquelles aucun nuage ne s'interpose entre soleil et observateur (ciel parfaitement serein). C'est pourquoi, il paraît logique de penser que, dans la détermination de l'orientation idéale d'une serre, par exemple, ou de la surface minimum des baies vitrées d'une construction quelconque, l'enregistrement de la luminosité reçue, même pendant une période assez longue, n'est pas susceptible de fournir autant d'indications que le *calcul théorique* de l'éclairement direct et diffus à partir de données précises adaptées au pays envisagé. Le calcul permet, en effet, — et à frais réduits — de comparer entre elles de nombreuses orientations des constructions et d'inclinaisons de toitures, etc...

Après avoir exposé une méthode de calcul de l'éclairement naturel reçu par des *surfaces* diversement orientées et inclinées, l'auteur donne, sous forme d'une dizaine de diagrammes, un aperçu des résultats auxquels il est arrivé et des applications possibles des calculs effectués.

SAMENVATTING

De dagelijkse veranderingen van de doorzichtigheid van de dampkring zijn moeilijk met nauwkeurigheid te bepalen ; bovendien, zijn de zonnige periodes gedurende dewelke er zich geen wolken voordoen tussen de zon en de waarnemer (volmaakt heldere hemel) uiterst zeldzaam. Steller is dan ook van oordeel dat, bij het bepalen van de ideale oriëntatie van een serre, bij voorbeeld, of van de minimale oppervlakte der van glas voorziene openingen van om 't even welke constructie, de registrering van de ontvangen belichting, zij het dan nog gedurende een tamelijk lange periode, niet bij machte is om evenveel inlichtingen te verschaffen als de *theoretische berekening* van de rechtstreekse en diffuse belichting, wanneer men uitgaat van nauwkeurige gegevens, passend bij de beschouwde streek. Deze berekeningen laten inderdaad, — mits weinig kosten — een onderlinge vergelijking toe van talrijke oriëntaties der constructies, hellingen van de daken, enz.

Na een methode te hebben uiteengezet voor het berekenen van de natuurlijke belichting welke verschillend georiënteerde en hellende *oppervlakken* te beurt valt, geeft steller, onder de vorm van een tiental diagrammen, een overzicht van de resultaten waartoe hij is gekomen en van de mogelijke toepassingen der uitgevoerde berekeningen.

(*) Cette rubrique se rapporte à des travaux publiés en dehors de ce Bulletin par des membres du personnel scientifique de l'Institut agronomique et des Stations de Recherches.

Table générale du Tome XXVIII

1960

N° 1.

BERNARD, J. — A propos de *Capillaria oesophagicola* Soltys, 1952 (= *C. blarinae*, Ogren, 1953), parasite de l'oesophage des *Soricidae* 1

BIELINSKA, M. — Étude de la désorption du phosphore chez les racines détachées d'orge 10

DAGNELIE, P., HUBERTY, J. P., NOIRFALISE, A. — Recherches sur la productivité des hêtraies des macignos et des marnes du Bas-Luxembourg 18

DERENNE, P. La transplantation embryonnaire des céréales : problème génétique ou non ? 33

HUGE, P. — Exposé théorique d'une adaptation de la méthode des variantes systématiques à l'étude d'un nombre quelconque d'ions 39

NISEN, A. — Quelques résultats culturaux obtenus sous polyesters stratifiés 47

TONNARD, V. — Levés géologiques dans le chenal du Siegenien moyen de la Planchette de Saint-Hubert 81

DEMORTIER, G. — Observations météorologiques de l'année 1959 . 101

N° 2.

BERNARD, Jean. — Notules helminthologiques 113

CHARDEZ, Didier. Introduction à l'étude des Thécamoebiens du sol 118

CHARDEZ, Didier. — Étude comparée des Thécamoebiens de trois biotopes dans trois milieux différents 125

DEMORTIER, Gustave. Case lysimétrique de construction relativement simple et peu coûteuse 139

DONIS, Camille, A. — Aménagement intensif ou extensif des forêts tropicales 157

HUGE, Pol. — Production contrôlée d'un composé du type humique 177

LECLERCQ, Jean. — Fleurs butinées par les Bourdons (*Hym. Apidae Bombinae*) dans la région liégeoise (1945-1959) 180

SEMAL, Jean. — Contribution à l'étude des virus du bégonia. Étude de quelques isolements effectués à partir de *Begonia tuberhybrida* 199

N° 3.

BERNARD, Jean. — A propos de *Capillaria kutori* Ruchladieva, 1946 (= *C. ventricola* Soltys, 1952) et de *C. exigua* Dujardin, 1945, parasites de l'estomac des Soricidae 217

Bonnet, Jean et Coppens, Robert. L'absorption des éléments nutritifs par le Houblon 227
Bonnier, Charles. Formation de tumeurs à *Agrobacterium tumefaciens*, sans blessure préalable 259
Chardez, Didier. Sur quelques Thécamoebiens du genre *Trinema* Dujardin 266
Manil, Paul. — Essais de « transformation » d'une souche de *Rhizobium* par l'ADN extrait de *Agrobacterium tumefaciens* . . 272
Nangniot, Paul. — I. Le dosage polarographique du soufre élémentaire résiduaire 276
Nanson, Alphonse et Gennart, Michel. Contribution à l'étude du climax et en particulier du pédoclimax en forêt équatoriale congolaise 287
Livres reçus 343

N° 4.

Bernard, Jean. — Quelques helminthes parasites du freux, *Corvus frugilegus*, L., en Belgique 345
Heinemann, Paul et Noirfalise, Albert. — Comparaison microclimatique d'une Chênaie à bouleau et d'une Lande à bruyère . 358
Nangniot, Paul. — II. Les dérivés de l'Acide dithiocarbamique :
1. Le diméthyldithiocarbamate de zinc (Ziram) . . . 365
2. Le diméthyldithiocarbamate ferrique (Ferbam) . . . 373
3. L'Ethylène-bisdithiocarbamate de zinc (Zineb) . . . 381
Nys, Léon et Hanotiaux, Gustave. Application de la théorie des variantes systématiques à la culture de la pomme de terre — Influence du facteur sol 389
Pierrard, Gaston et Baurant, Raymond. La ponte et l'indice sexuel chez *Rhyacionia buoliana* Schiff. (Microl. Tortricidae) . . 418
Reizer, Christian. — La gammare du « Ruisseau de Wachet » *Rivulogammarus pulex pulex* L. 427
Semal, Jean. Action de l'extrait de *Begonia tuberhybrida* sur le nombre de lésions locales formées par le virus de la mosaïque du tabac et quelques autres virus 433
Severin, Michel, Casimir, Jean et Renard, Marcel. Dosage des acides aminés par chromatoélectrorhéophorèse (Emploi du réactif de Barrolier) 445
Sommereyns, Ghislaine. Remarques et observations concernant la transmission mécanique des virus des végétaux . . . 452

Livres reçus 472

Bibliographie 475

Table des matières du Tome XXVIII, 1960 477

Encyclopédie Agronomique et Vétérinaire

MANUEL DE L'AMÉLIORATION DES PLANTES

par **V. LATHOUWERS**

Docteur ès Sciences. Professeur à l'Institut agronomique de l'État à Gembloux

L'Amélioration du Froment, 580 pp., 66 fig. **150,—**

LE CHÊNE PÉDONCULÉ ET LE CHÊNE ROUVRE

Leur culture en Belgique

par **A. POSKIN**

Professeur à l'Institut agronomique de l'État, à Gembloux.

1 vol. 283 p., 54 fig., 1 carte en couleurs. br. **65,—**

PHYTOTECHNIE DE L'HEVEA — (HEVEA BRASIL.)

Botanique — Amélioration — Culture et Exploitation

par **M. FERRAND**

Ingénieur Agronome (A.I.Gx), Chef de la Division de l'Hevea de l'I.N.É.A.C, Direc. du Centre de Rech. de l'Inst. de Rech. pour les Huiles de Palme et Oléagineux de Paris

1 vol. 432 p., 67 fig., 2 hors-texte **110,—**

IDENTIFICATION ET DESCRIPTION DE VARIÉTÉS DU PRUNIER EUROPÉEN

par

E. DERMINE
Ingénieur agronome et horticole

O. LIARD
Ingénieur agronome, groupe Eaux et Forêts

1 vol. in-8°, 236 ill., 322 p. **275,—**

LES BOVINS

par **J. LAHAYE** et **J. MARCQ**

Professeur à l'École de Méd. vétérinaire, à Cureghem. — *Professeur à l'Institut agronomique à Gx.*

Tome I : **La Connaissance du Bétail**, 1 vol. in-8°, 208 pp., 166 fig. **130,—**

Tome II : *Volume* 1. **Ethnographie. Hygiène. Reproduction.** **En réimpr.**

Volume 2. **Alimentation**, 1 vol. in-8°, 644 pp., 20 fig. **En réimpr.**

TRAITÉ DE PATHOLOGIE MÉDICALE DES ANIMAUX DOMESTIQUES

par **F. LIÉGEOIS**

Professeur à l'École de Médecine vétérinaire, à Cureghem.

1 vol. XXVI-1004 p., 4e édition, 1955. **560,—**

PHARMACOLOGIE GÉNÉRALE ET VÉTÉRINAIRE

par **P. GENGOUX**

Professeur à l'École de Médecine vétérinaire de l'État à Cureghem

1 vol. in-8°, 14 ill., 432 p. sous jaquette plastifiée **390,—**

TRAITÉ D'ÉCONOMIE RURALE

par **A. DELOS**

Professeur à l'Institut agronomique de l'État, à Gembloux.

Tome I : **La Terre**, 1 vol. in-8°, 280 pp., 25 fig., br. **50,—**

PRÉCIS DE DROIT VÉTÉRINAIRE

par **F. LIÉGEOIS**

Professeur à l'École de Médecine vétérinaire, à Cureghem

1 vol. in-8°, 332 pp. br. **60,—**

TRAITÉ COMPLET D'AVICULTURE

par **J. LAHAYE, J. MARCQ** et **E. CORDIEZ**

Prof. à l'École de Médecine vétérinaire, à Cureghem. *Prof. à l'Institut agronomique à Gembloux.*

1 vol. in-8°, 660 pp., 219 fig., 9 hors-texte en Quadrichromie, br. **375,—**

LE CHEVAL

par **J. MARCQ** et **J. LAHAYE**

Prof à l'Institut agron. à Gembloux. *Prof. à l'École de Médecine vétérinaire, à Cureghem*

Tome I : **Extérieur du Cheval,** 304 pp., 193 fig. br. **175,—**

Tome II : **Zootechnie spéciale. Alimentation. Hygiène. Amélioration.** br. **425,—**

LA CANNE A SUCRE AUX ANTILLES FRANÇAISES

par **J. GUILLAUME**

Ingénieur, Chef de Fabrication aux Antilles.

1 vol. in-8°, IX-215 pp., fig. br. **56,—**

ÉLÉMENTS DE PATHOLOGIE VÉGÉTALE

appliquée à la Phytotechnie

par **Ém. MARCHAL**

Professeur émérite à l'Institut agronomique de l'État, à Gembloux.

P. MANIL et **R. VANDERWALLE**

Professeur à l'Institut agron. de Gembloux. *Chargé de cours à l'Inst. agron. de Gembloux*

1 vol. in-8°, XXVI-540 pp., 205 fig. br. **290,—**

ÉLÉMENTS DE PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE

Les bases scientifiques de la Phytotechnie

par **Ém. MARCHAL**

Professeur à l'Institut agronomique de l'État, à Gembloux.

1 vol. in-8°, XVI-344 pp., 131 fig. br. **225,—**

TRAITÉ DE SYLVICULTURE

par **A. POSKIN**

Professeur à l'Institut agronomique de l'État, à Gembloux.

1 vol. in-8°, 532 pp., 166 fig. br. **260,—**

Hors Collection

LES HERBICIDES ET LEUR EMPLOI

par **L. DETROUX**

Chef de travaux à la Station de Phytopharmacie de l'État, à Gembloux.

1 vol. 13 × 19, 196 p., 26 ill., sous couverture plastifiée **90,—**

LIBRAIRIE DUCULOT, GEMBLOUX